

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280643

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

(21)Application number : 2001-083129

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.2001

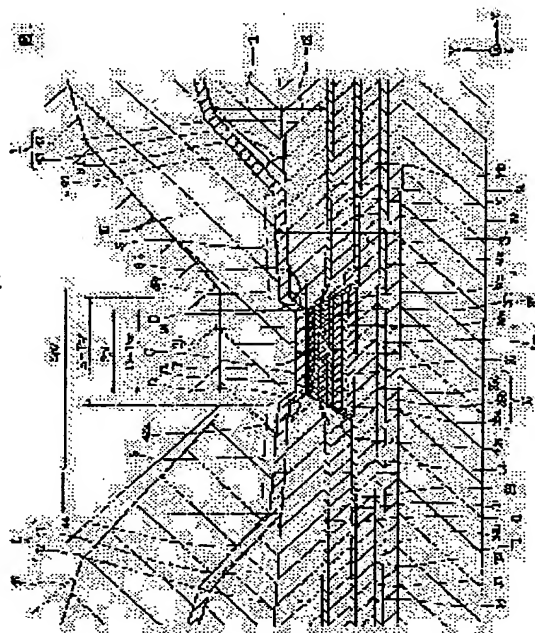
(72)Inventor : AOKI DAIGO
HONDA KENJI
SATO KIYOSHI
HASEGAWA NAOYA
NAKAZAWA YUKIE

(54) MAGNETIC DETECTION ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that effective track width becomes larger than optical track width when track width becomes $0.2\ \mu\text{m}$ or less in the conventional magnetic detection element.

SOLUTION: When the distance between upper and lower shield layers 45 and 31 in a region that is overlapped with first electrode layers 43 and 43 and is not overlapped with second electrode layers 43 and 43 is set to G_1 s, and the distance between the upper and lower shield layers 45 and 31 at a position that is overlapped with a center C in a multilayer film T is set to G_{1c} , the difference between the G_1 s and G_{1c} is set to a specific value or less, thus reducing the effective track width $E-Tw$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

BEST AVAILABLE COPY

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-280643
(P2002-280643A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号
H 0 1 L 43/08
G 0 1 R 33/09
G 1 1 B 5/39

F I テーマコード (参考)
H 0 1 L 43/08 Z 2 G 0 1 7
G 1 1 B 5/39 5 D 0 3 4
G 0 1 R 33/06 R

審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2001-83129 (P2001-83129)

(22) 出願日 平成13年3月22日 (2001.3.22)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社
東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 青木 大悟

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72) 発明者 本田 賢治

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

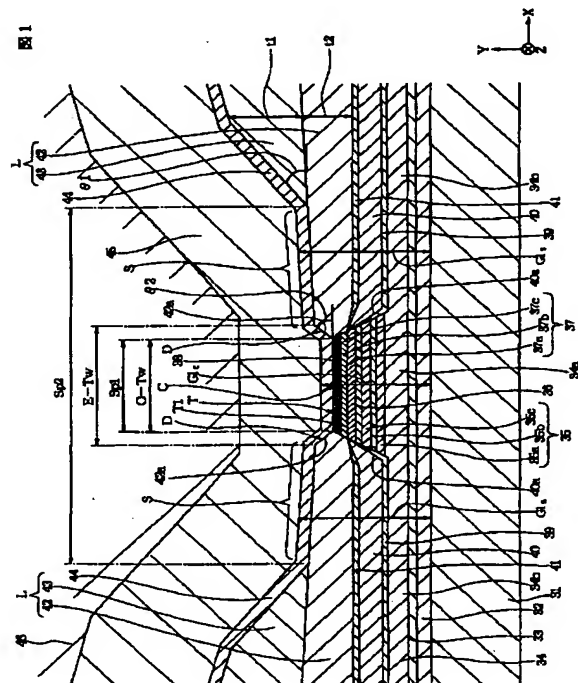
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の磁気検出素子では、トラック幅が0.2 μm 以下になると光学トラック幅よりも実効トラック幅のほうが広くなるという問題が生じていた。

【解決方法】 第1電極層42、42のみと重なる領域であって、第2電極層43、43と重ならない領域における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによって、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、

前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであり、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされており、

前記複数層の電極層のうち、最下層の電極層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、

前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することを特徴とする磁気検出素子。

【請求項2】 基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、

前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであって、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされており、

前記複数層の電極層のうち最下層の電極層上の一部と、前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層が形成され、

前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のみと重なる領域であって、前記絶縁層と重ならない領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、

前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することを特徴とする磁気検出素子。

【請求項3】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定する請求項1または2に記載の磁気検出素子。

【請求項4】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定する請求項1または2に記載の磁気検出素子。

10 【請求項5】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定する請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項6】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定する請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項7】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s > G1c$ とする請求項1ないし6のいずれかに記載の磁気検出素子。

20 【請求項8】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s = G1c$ とする請求項1ないし6のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項9】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s < G1c$ とする請求項1ないし6のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項10】 基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記フリー磁性層の磁化方向を一定方向に揃えるためのハードバイアス層と、前記ハードバイアス層に重なる位置に形成された前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、

前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであり、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされていることを特徴とする磁気検出素子。

【請求項11】 前記ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が、前記フリー磁性層の側面と直接接しているか、または前記フリー磁性層の側面と非磁性材料からなる膜厚 $1nm$ 以下のバイアス下地層を介して対向している請求項1ないし10のいずれかに記載の磁気検出素子。

50 【請求項12】 前記複数層の電極層は上層の電極層ほ

ど、前記多層膜表面に平行な平面と前記電極層の前端縁の接平面とがなす角度が小さくなる請求項1ないし11のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項13】 前記複数層の電極層は上層の電極層ほど膜厚が厚くなる請求項1ないし12のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項14】 前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のハイト方向の奥行長さが、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長い請求項1ないし13のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項15】 前記複数層の電極層のうち最下層の電極層の材料をW、Ta、Rh、Ir、Ruのいずれか1種または2種以上とし、最下層の電極層以外の電極層の材料をCr、Cu、Au、Taのいずれか1種または2種以上で形成する請求項1ないし14のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項16】 (a) 基板上に下部シールド層、下部ギャップ層、及び磁気抵抗効果を発揮する多層膜を成膜する工程と、

(b) 前記多層膜上に、レジスト層を形成する工程と、

(c) 前記多層膜の前記レジスト層によって覆われていない領域を削る工程と、

(d) 前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる第1電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程と、

(e) 切り込み部の形成されたりフトオフ用のレジスト層を前記多層膜及び前記第1電極層上に形成する工程と、

(f) 前記基板の法線方向に対し所定の角度から、前記第1電極層上に第2の電極層を成膜する工程と、

(g) 前記リフトオフ用の前記レジスト層を除去する工程と、

(h) 前記多層膜及び第2電極層上に上部ギャップ層を成膜する工程と、

(i) 前記上部ギャップ層上に上部シールド層を成膜する工程と、を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

【請求項17】 前記(f)の工程における前記所定の角度を、前記(d)の工程における所定の角度より大きく設定する請求項16に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項18】 前記(f)の工程において、前記第1電極層の膜厚よりも第2の電極層の膜厚を厚くする請求項16または17に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項19】 前記(g)の工程と(h)の工程の間において、

(j) 切り込み部の形成されたりフトオフ用のレジスト層を前記多層膜上から既に形成された複数層の電極層の

うち最上層の電極層上にかけて形成し、前記最上層の電極層上にさらに別の電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の成膜角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程を1回以上行う請求項16ないし18のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項20】 前記(j)の工程において、前記別の電極層を成膜するときの成膜角度を、前記別の電極層の下層の電極層を成膜するときの成膜角度よりも大きくする請求項19に記載の磁気検出素子の製造方法。

10 【請求項21】 前記(j)の工程において、前記別の電極層の膜厚を、前記別の電極層の下層の電極層の膜厚よりも厚くする請求項19または20に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項22】 前記(f)の工程と前記(g)の工程の間、前記(g)の工程と前記(h)の工程の間、または前記(j)の工程と前記(h)の工程の間において、

(k) 前記最下層の電極層以外の全ての電極層の上面を覆う絶縁層を成膜する工程を有する請求項16ないし21のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

20 【請求項23】 前記(h)の工程と前記(i)の工程の間に、

(l) 前記多層膜及び複数層形成された電極層のうち最下層の電極層上の一部と重なる領域に、切り込み部の形成されたりフトオフ用のレジスト層を積層し、前記基板に対し斜め方向から前記上部ギャップ層上に、前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層を成膜する工程を有する請求項16ないし22のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

30 【請求項24】 前記(c)の工程の後、前記多層膜の両側にハードバイアス層を成膜した後、前記(d)の工程によって前記第1電極層を成膜する工程を有する請求項16ないし23のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項25】 前記(d)の工程において、前記第1電極層のハイト方向の奥行長さを、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長く形成する請求項16ないし24のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項26】 前記(d)の工程において、前記第1電極層の材料をW、Ta、Rh、Ir、Ruのうちいずれか1種または2種以上とし、前記(f)、(j)の工程において前記第1電極層以外の電極層の材料をCr、Cu、Au、Taのうちいずれか1種または2種以上とする請求項16ないし25のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項27】 前記複数層の電極層のうち、最下層の電極層のみと重なる領域または、前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のみと重なる領域であって前記絶縁層と重ならない領域における、前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離をGls、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シ

ールド層間の距離を Glc としたときに、

前記 Gls と Glc の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定する請求項16ないし26のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項28】 前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Glc - 20nm \leq Gl s \leq Gl c + 90nm$ を満たす範囲に設定する請求項27に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項29】 前記 Gls と前記 Glc の値を、 $0.67 \leq Gl s / Gl c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定する請求項27または28に記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項30】 前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Gls > Glc$ とする請求項27ないし29のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項31】 前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Gls = Glc$ とする請求項27ないし29のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項32】 前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Gls < Glc$ とする請求項27ないし29のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果を利用して磁界を検出する磁気検出素子に係り、特に、実効トラック幅を狭くして高記録密度化に対応することのできる磁気検出素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図28は従来の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0003】図28に示す磁気検出素子では、下部シールド層8上に下部ギャップ層9が積層され、下部ギャップ層9上に下地層10を介して反強磁性層11が、図示X方向に長く形成され、X方向の中心では反強磁性層11が高さ寸法 $d1$ だけ突出して形成されている。そしてこの突出した反強磁性層11上に、固定磁性層12、非磁性導電層13、フリー磁性層14、及び保護層15が形成され、下地層10から保護層15までの積層体が多層膜16として構成されている。

【0004】反強磁性層11はPt-Mn（白金-マンガン）合金などの反強磁性材料により形成されている。

【0005】前記固定磁性層12およびフリー磁性層14は、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Co-Fe（コバルト-鉄）合金、Co-Fe-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層13は、Cu（銅）などの電気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0006】そして図28に示すように、図示X方向に延ばされて形成された反強磁性層11の幅寸法 $T8$ 上か

ら、固定磁性層12、非磁性導電層13、及びフリー磁性層14の側面にかけて、Crなどで形成された緩衝膜及び配向膜となる金属膜17が形成されており、この金属膜17の形成によって、後述するハードバイアス層18から発生するバイアス磁界を増大させることができる。

【0007】金属膜17の上には、例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されたハードバイアス層18が形成されている。

【0008】ハードバイアス層18は図示X方向（トラック幅方向）に着磁されており、ハードバイアス層18からのX方向へのバイアス磁界により、フリー磁性層14の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0009】またハードバイアス層18上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層19が形成され、この中間層19の上に、Cr、Au、Ta、Wなどで形成された電極層20が形成されている。

【0010】さらに、多層膜16及び電極層20上に絶縁材料からなる上部ギャップ層21が積層され、磁性材料からなる上部ギャップ層21上に上部シールド層22が形成される。

【0011】ここで、電極層20が形成されていない多層膜16の上面の幅寸法が、光学的トラック幅寸法 OTW であり、多層膜16の中央と重なる位置における上部シールド層22と下部シールド層8間の距離がギャップ長 $G1$ である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】近年、磁気記録媒体の高記録密度化がますます進み、線記録密度を大きくするために、磁気検出素子のギャップ長 $G1$ をますます短くすることが要求されるようになってきた。ギャップ長 $G1$ を短くするためには、下部ギャップ層9及び上部ギャップ層21の膜厚を小さくする必要がある。

【0013】しかし、図28に示されたような従来の磁気検出素子の構造では、上部ギャップ層21の形成面には、多層膜16の表面16aと電極層20の側面20aとによって段差が形成されている。この段差上には上部ギャップ層21を形成するための絶縁性材料が積層されにくい。従って、前記段差が形成された状態のまま、上部ギャップ層21の膜厚を小さくしていくと、この段差上に上部ギャップ層21が形成されにくくなり、上部シールド層22と電極層20の間が電氣的に短絡しやすくなる。

【0014】また、検出対象の記録トラックの両側にある記録トラックから発生する記録媒体からの磁界が磁気検出素子に侵入し、多層膜16の両側部に近い領域において感知されるという現象が生じる。この現象は、磁気検出素子のトラック幅寸法及びトラックピッチ間隔が広ければ、例えばトラック幅寸法が $0.2\mu m$ 以上である

ときには、無視していてもよかった。しかし、前記トラック幅寸法が $0.2\mu\text{m}$ 以下になってくるとトラックピッチ間隔も狭くなり、検出対象の記録トラックからの磁界の大きさに対する、両側にある記録トラックから侵入してくる磁界の大きさの割合が大きくなり、その結果実効トラック幅寸法が光学的トラック幅寸法 $0.17\mu\text{m}$ より大きくなってしまふという現象が生じ、磁気検出素子が記録媒体の高記録密度化に対応できなくなるという問題が生じていた。

【0015】本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、磁気検出素子の狭ギャップ化、狭トラック幅化を進めることのできる磁気検出素子及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであり、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされており、前記複数層の電極層のうち、最下層の電極層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu\text{m}$ となる値以下に設定することを特徴とするものである。

【0017】前記最下層の電極層は、前記多層膜の両側に隣接して設けられるものなので、前記最下層の電極層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離 $G1s$ は、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離ということになる。

【0018】前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離が大きくなると、前記上部シールド層と前記下部シールド層の間を通過して、検出対象の記録トラックの両側の記録トラックから発生する記録媒体からの磁界が磁気検出素子に侵入しやすくなり、実効トラック幅が大きくなる。すなわち、記録トラック間のクロストークが発生しやすくなる。

【0019】実際、後述するように、前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値が大きくなると磁気検出素子の実効トラック幅も大きくなる。

【0020】本発明では前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を所定の値以下とすることによって、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅を小さくすることができる。特に、本発明では実効トラック幅を $0.17\mu\text{m}$ 以下にできる。

【0021】ただし、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくすると、前記多層膜の両側に設けられ、前記多層膜に直流電流を供給する電極層の膜厚を薄くする必要が生じ、その結果磁気検出素子の直流抵抗値が大きくなってしまふ。

【0022】そこで、本発明では、前記電極部をトラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層され、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされたものとすることによって、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成し、前記多層膜から離れたところで、前記電極層を複数層積層することによって、前記電極部の膜厚を大きくしている。

【0023】この結果、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0024】また、本発明では、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成できるので、前記多層膜の表面と前記電極部の側面とによって形成される段差を低くできる。従って、前記上部ギャップ層の膜厚を小さくしても、この段差上に前記上部ギャップ層が確実に形成されるようにできる。すなわち、前記上部シールド層と前記電極層との間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0025】また、本発明は、基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び／または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであって、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラ

ック幅方向の間隔が大きくされており、前記複数層の電極層のうち最下層の電極層上の一部と、前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層が形成され、前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のみと重なる領域であって、前記絶縁層と重ならない領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することを特徴とするものである。

【0026】本発明では、前記複数層の電極層のうち最下層の電極層上の一部と、前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層が形成されるので、実効トラック幅や再生パルス幅 (PW50) に影響しない部分において、前記上部シールド層と前記電極層との間の電氣的短絡をより確実に防止できる。

【0027】また、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0028】あるいは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0029】なお、上述した前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値の範囲内で、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s > G1c$ としても、 $G1s = G1c$ としても、 $G1s < G1c$ としてもよい。

【0030】 $G1s > G1c$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離 (ギャップ長) より大きい。

【0031】 $G1s = G1c$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離 (ギャップ長) に等しい。

【0032】 $G1s < G1c$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上

部シールド層と前記下部シールド層間の距離 (ギャップ長) より小さい。

【0033】また、本発明は、基板上に、磁性材料からなる下部シールド層と、この下部シールド層上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層と、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有し、前記下部ギャップ層上に積層される多層膜と、前記フリー磁性層の磁化方向を一定方向に揃えるためのハードバイアス層と、前記ハードバイアス層に重なる位置に形成された前記多層膜に電流を供給するための電極部と、前記多層膜上及び前記電極部上に積層される絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層とを有する磁気検出素子において、前記電極部は、前記多層膜に重なる領域及び/または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層されたものであり、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされていることを特徴とするものである。

【0034】本発明では、前記フリー磁性層の磁化方向を一定方向に揃える能力の高い強磁性材料からなるハードバイアス層を用いて、前記フリー磁性層を単磁区化している。

【0035】しかし、ハードバイアス層を用いると、このハードバイアス層に重なる位置に前記電極部を形成しなくてはなくなり、前記多層膜の表面と前記電極部の側面とによって形成される段差が高くなり、上部ギャップ層が確実に形成されにくくなる。

【0036】本発明では、前記電極部をトラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層され、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされたものとすることによって、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成し、前記多層膜から離れたところで、前記電極層を複数層積層することによって、前記電極部の膜厚を大きくしている。

【0037】従って本発明では、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成できるので、前記多層膜の表面と前記電極部の側面とによって形成される段差を低くでき、この段差上に前記上部ギャップ層が確実に形成されるようにできる。すなわち、前記上部シールド層と前記電極層との間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0038】なお、前記ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が、前記フリー磁性層の側面と直接接しているか、または前記フリー磁性層の側面と非磁性材料からなる膜厚 $1nm$ 以下のバイアス下地層を介して対向していると、前記ハードバイアス層と前記フリー磁性層が磁

氣的に連続体となり、安定性が増すので好ましい。

【0039】また、前記複数層の電極層は上層の電極層ほど、前記多層膜表面に平行な平面と前記電極層の前端縁の接平面とがなす角度が小さくなり、上層の電極層ほど膜厚が厚くなるのが好ましい。

【0040】また、本発明では、前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のハイト方向の奥行長さを、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長くすることにより、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0041】なお、前記複数層の電極層のうち、前記多層膜と電氣的に接続される最下層の電極層は、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W、Ta、Rh、Ir、Ruのいずれか1種または2種以上を材料として用い、最下層の電極層以外の電極層は、比抵抗の小さいCr、Cu、Au、Taのいずれか1種または2種以上を材料としてを用いるのが好ましい。

【0042】実効トラック幅は、例えば、フルトラックプロファイル法によって測定される。以下、フルトラックプロファイル法について図27を参照しながら説明する。

【0043】記録媒体上に磁気検出素子Rの素子幅よりも幅広の記録トラック幅Wwの記録トラックで信号を記録しておき、磁気検出素子を、記録トラック上でトラック幅方向(X方向)に走査させて、磁気検出素子の記録トラック幅方向(X方向)の位置と再生出力との関係を測定する。その測定結果は、図27の上側に示されている。

【0044】この測定結果の再生波形を見ると、記録トラックの中央付近では、再生出力が高くなり、記録トラックの中央から離れるにつれて再生出力は低くなるのがわかる。

【0045】再生波形上の再生出力が最大値の50%となる点Pa及び点Pbにおける接線とX軸との交点を、それぞれ点Pc、点Pdとする。点Pcと点Pdの間の距離Aと点Paと点Pb間の距離(半値幅)Bの差が磁気検出素子の実効トラック幅となる。ここで、X軸の単位は、半値幅B=記録トラック幅Wwとなるように規格化する。

【0046】本発明の磁気検出素子の製造方法は、

(a) 基板上に下部シールド層、下部ギャップ層、及び磁気抵抗効果を発揮する多層膜を成膜する工程と、

(b) 前記多層膜上に、レジスト層を形成する工程と、

(c) 前記多層膜の前記レジスト層によって覆われていない領域を削る工程と、(d) 前記多層膜に重なる領域及び/または前記多層膜の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる第1電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程と、

(e) 切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト

層を前記多層膜及び前記第1電極層上に形成する工程と、(f) 前記基板の法線方向に対し所定の角度から、前記第1電極層上に第2の電極層を成膜する工程と、

(g) 前記リフトオフ用のレジスト層を除去する工程と、(h) 前記多層膜及び第2電極層上に上部ギャップ層を成膜する工程と、(i) 前記上部ギャップ層上に上部シールド層を成膜する工程と、を有することを特徴とするものである。

【0047】前記(f)の工程における前記所定の角度を、前記(d)の工程における所定の角度より大きく設定し、前記(f)の工程において、前記第1電極層の膜厚よりも第2の電極層の膜厚を厚くすることが好ましい。

【0048】また、前記(g)の工程と(h)の工程の間において、(j) 切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト層を前記多層膜上から既に形成された複数層の電極層のうち最上層の電極層上にかけて形成し、前記最上層の電極層上にさらに別の電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の成膜角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程を1回以上行ってもよい。

【0049】なお、前記(j)の工程において、前記別の電極層を成膜するときの成膜角度を、前記別の電極層の下層の電極層を成膜するときの成膜角度よりも大きくし、また、前記別の電極層の膜厚を、前記別の電極層の下層の電極層の膜厚よりも厚くすることが好ましい。

【0050】また、前記(f)の工程と前記(g)の工程の間、前記(g)の工程と前記(h)の工程の間、または前記(j)の工程と前記(h)の工程の間において、(k) 前記最下層の電極層以外の全ての電極層の上面を覆う絶縁層を成膜する工程を有することが好ましい。

【0051】また、前記(h)の工程と前記(i)の工程の間に、(l) 前記多層膜及び複数層形成された電極層のうち最下層の電極層上の一部と重なる領域に、切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト層を積層し、前記基板に対し斜め方向から前記上部ギャップ層上に前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層を成膜する工程を有することが好ましい。

【0052】前記(k)の工程及び/又は前記(l)の工程を有する磁気検出素子の製造方法によって形成された磁気検出素子は、前記最下層の電極層以外の電極層上の全ての領域を覆う絶縁層が形成されるので、実効トラック幅や再生パルス幅(PW50)に影響しない部分において、前記上部シールド層と前記電極層との間の電氣的短絡をより確実に防止できる。

【0053】本発明では、前記(c)の工程の後、前記多層膜の両側にハードバイアス層を成膜した後、前記(d)の工程によって前記第1電極層を成膜する工程を有してもよい。

【0054】また、前記(d)の工程において、前記第

1電極層のハイト方向の奥行長さを、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長く形成することが好ましい。

【0055】また、前記(d)の工程において、前記第1電極層の材料をW、Ta、Rh、Ir、Ruのいずれか1種または2種以上とし、前記(f)、(j)の工程において前記第1電極層以外の電極層の材料をCr、Cu、Au、Taのいずれか1種または2種以上とすることが好ましい。

【0056】なお、上記本発明の磁気検出素子の製造方法において、前記複数層の電極層のうち、最下層の電極層のみと重なる領域、または前記複数層の電極層のうち最下層の電極層のみと重なる領域であって前記絶縁層と重ならない領域における、前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することが好ましい。

【0057】あるいは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲、または、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定してもよい。

【0058】上述した範囲で、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を $G1s > G1c$ としても、 $G1s = G1c$ としても、 $G1s < G1c$ としてもよい。

【0059】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0060】図1では、下地層33、反強磁性層34、第1の固定磁性層35a、非磁性中間層35b、第2の固定磁性層35cからなるシンセティックフェリピンド型の固定磁性層35、非磁性材料層36、第2のフリー磁性層37a、非磁性中間層37b、第1フリー磁性層37cからなるシンセティックフェリフリー型のフリー磁性層37、保護層38が積層された多層膜Tが形成されている。

【0061】多層膜Tの下層には、基板(図示せず)上に、アルミナなどの絶縁性材料からなる下地層(図示せず)を介して、下部シールド層31、下部ギャップ層32が成膜されている。

【0062】多層膜T中の反強磁性層34は図示X方向に延長され、この延出部34bの上面と固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、及び第2のフリー磁性層37aの側面に接してCr、Ti、Mo、 $W_{50}Mo_{50}$ などによってバイアス下地層39が形成されている。バイアス下地層39の上には、例えばCo-Pt(コバルト-白金)合金やCo-Cr-Pt(コバルト-クロム-白金)合金などで形成されたハードバイアス層40

が形成されている。

【0063】ハードバイアス層40上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層41が形成され、この中間層41の上に、Cr、Au、Ta、W、Rh、Ir、Ruのいずれか1種または2種以上、などで形成された第1電極層42、42が形成されている。

【0064】第1電極層42、42は、多層膜Tの両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔 $Sp1$ を開けて形成された一対の電極からなっている。第1電極層42、42上にはCr、Au、Cu、Taなどで形成された第2電極層43、43が積層されている。第2電極層43、43は、第1電極層42、42より、一対の電極のトラック幅方向の間隔 $Sp2$ が大きくされている。

【0065】多層膜Tの表面、第1電極層42、42の表面、及び第2電極層43、43の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド層45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。または、上部シールド層45の上に記録用のインダクティブヘッドを形成してもよい。

【0066】下部シールド層31、下部ギャップ層32、下地層33、反強磁性層34、固定磁性層35、非磁性材料層36、フリー磁性層37、保護層38、バイアス下地層39、ハードバイアス層40、中間層41、第1電極層42、第2電極層43、上部ギャップ層44、上部シールド層45、及び保護層46はスパッタ法や蒸着法などの薄膜形成プロセスによって形成される。

【0067】下部シールド層31及び上部シールド層45はNiFeなどの磁性材料を用いて形成される。なお、下部シールド層31及び上部シールド層45は磁化容易軸がトラック幅方向(図示X方向)を向いていることが好ましい。下部シールド層31及び上部シールド層45は、電解メッキ法によって形成されてもよい。

【0068】下部ギャップ層32、上部ギャップ層44、及び保護層46は Al_2O_3 や SiO_2 などの非磁性無機材料を用いて形成される。

【0069】下地層33はTaなどを用いて形成する。反強磁性層34は、PtMn合金、または、X-Mn(ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種または2種以上の元素である)合金で、あるいはPt-Mn-X'(ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Krのいずれか1または2種以上の元素である)合金で形成する。

【0070】これらの合金は、成膜直後の状態では、不規則系の面心立方構造(fcc)であるが、熱処理によってCuAuI型の規則型の面心正方構造(fct)に構造変態する。

【0071】反強磁性層34の膜厚は、トラック幅方向の中心付近において80~300Å、例えば200Åで

ある。

【0072】ここで、反強磁性層34を形成するための、前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが37~63at%の範囲であることが好ましい。また、前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが47~57at%の範囲であることがより好ましい。特に規定しない限り、~で示す数値範囲の上限と下限は以下、以上を意味する。

【0073】また、Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが37~63at%の範囲であることが好ましい。また、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが47~57at%の範囲であることがより好ましい。さらに、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'が0.2~10at%の範囲であることが好ましい。ただし、X'がPd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である場合には、X'は0.2~40at%の範囲であることが好ましい。

【0074】これらの合金を使用し、これを熱処理することにより、大きな交換結合磁界を発生する反強磁性層34を得ることができる。特に、PtMn合金であれば、48kA/m以上、例えば64kA/mを越える交換結合磁界を有し、前記交換結合磁界を失うブロッキング温度が380℃と極めて高い優れた反強磁性層34を得ることができる。

【0075】第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cは、強磁性材料により形成されるもので、例えばNiFe合金、Co、CoFeNi合金、CoFe合金、CoNi合金などにより形成されるものであり、特にCoFe合金またはCoにより形成されることが好ましい。また、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cは同一の材料で形成されることが好ましい。

【0076】また、非磁性中間層35bは、非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種またはこれらの2種以上の合金で形成されている。特にRuによって形成されることが好ましい。

【0077】非磁性材料層36は、固定磁性層35とフリー磁性層37との磁気的な結合を防止し、またセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなど導電性を有する非磁性材料により形成されることが好ましい。特にCuによって形成されることが好ましい。

【0078】第1フリー磁性層37c及び第2フリー磁性層37aは、強磁性材料により形成されるもので、例えばNiFe合金、Co、CoFeNi合金、CoFe合金、CoNi合金などにより形成されるものであり、特にNiFe合金またはCoFe合金、CoFeNi合金により形成されることが好ましい。

【0079】非磁性中間層37bは、非磁性材料により

形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種またはこれらの2種以上の合金で形成されている。特にRuによって形成されることが好ましい。

【0080】保護層38はTaなどを用いて形成される。バイアス下地層39を結晶構造がbcc（体心立方格子）構造であるCr、Ti、Mo、W50Mo50などを用いて下地層を形成すると、ハードバイアス層40の保磁力及び角形比が大きくなりバイアス磁界を大きくできる。

【0081】ハードバイアス層40の多層膜Tと対向する側の側面40aは、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、及び第2のフリー磁性層37aの側面とのみ対向しており、第1フリー磁性層37cの側面とは対向していない。

【0082】ハードバイアス層40は図示X方向（トラック幅方向）に着磁されており、ハードバイアス層40からのX方向へのバイアス磁界により、第2のフリー磁性層37aの磁化は図示X方向に揃えられている。

【0083】フリー磁性層37は、磁気モーメントの大きさが異なる第2のフリー磁性層37aと第1のフリー磁性層37cが、非磁性中間層37bを介して積層され、第2のフリー磁性層37aと第1のフリー磁性層37cの磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態である。このとき、磁気モーメントが大きい方、例えば、第2フリー磁性層37aの磁化方向が、ハードバイアス層40から発生する磁界の方向に向き、第1フリー磁性層37cの磁化方向が、180度反対方向に向いた状態になる。

【0084】第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cの磁化方向が180度異なる反平行のフェリ磁性状態になると、フリー磁性層37の膜厚を薄くすることと同等の効果が得られ、単位面積あたりの実効的な磁気モーメントが小さくなり、フリー磁性層37の磁化が変動しやすくなって、磁気検出素子の磁界検出感度が向上する。

【0085】第1フリー磁性層37cの磁気モーメントと第2フリー磁性層37aの磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向がフリー磁性層37の磁化方向となる。

【0086】ただし、固定磁性層35の磁化方向との関係で出力に寄与するのは第2フリー磁性層37aの磁化方向のみである。

【0087】ハードバイアス層40は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cのうち、一方の磁化方向を揃えるだけでよい。図1では、第2フリー磁性層37aの磁化方向のみをそろえている。第2フリー磁性層37aの磁化方向が一定方向に揃えられると、第1フリー磁性層37cは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0088】本実施の形態では、ハードバイアス層40は図示X方向の静磁界を、主に第2のフリー磁性層37aに与える。従って、ハードバイアス層40から発生する図示X方向の静磁界によって、第1フリー磁性層37cの磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0089】また、図1では、磁気モーメントが異なる第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cが、非磁性中間層35bを介して積層されたものが、一つの固定磁性層35として機能する。

【0090】第1固定磁性層35aは反強磁性層34と接して形成され、磁場中アニールが施されることにより、第1固定磁性層35aと反強磁性層34との界面にて交換結合による交換異方性磁界が生じ、第1固定磁性層35aの磁化方向が図示Y方向に固定される。第1固定磁性層35aの磁化方向が図示Y方向に固定されると、非磁性中間層35bを介して対向する第2固定磁性層35cの磁化方向が、前記第1固定磁性層35aの磁化方向と反平行の状態に固定される。

【0091】このように、第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cの磁化方向が、反平行となるフェリ磁性状態になっていると、第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cとが互いに他方の磁化方向を固定しようとするので、全体として固定磁性層35の磁化方向を一定方向に強力に固定することができる。

【0092】なお、第1固定磁性層35aの磁気モーメントと第2固定磁性層35cの磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が固定磁性層35の磁化方向となる。

【0093】図1では、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cを同じ材料を用いて形成し、さらに、それぞれの膜厚を異ならせることにより、それぞれの磁気モーメントを異ならせている。

【0094】また、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cの固定磁化による反磁界（双極子磁界）を、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cの静磁界結合同士が相互に打ち消し合うことによりキャンセルできる。これにより、固定磁性層35の固定磁化による反磁界（双極子磁界）からの、フリー磁性層37の変動磁化への寄与を減少させることができる。

【0095】従って、フリー磁性層37の変動磁化の方向を所望の方向に補正することがより容易になり、アシンメトリーの小さい対称性の優れたスピナルブ型薄膜磁気素子を得ることが可能になる。

【0096】ここで、アシンメトリーとは、再生出力波形の非対称性の度合いを示すものであり、再生出力波形が与えられた場合、波形が対称であればアシンメトリーが小さくなる。従って、アシンメトリーが0に近づく程再生出力波形が対称性に優れていることになる。

【0097】前記アシンメトリーは、フリー磁性層37

の磁化の方向と固定磁性層35の固定磁化の方向とが直交しているときに0となる。アシンメトリーが大きくなるとメディアからの情報の読み取りが正確にできなくなり、エラーの原因となる。このため、前記アシンメトリーが小さいものほど、再生信号処理の信頼性が向上することになり、スピナルブ型薄膜磁気素子として優れたものとなる。

【0098】また、固定磁性層の固定磁化による反磁界（双極子磁界）Hdは、素子高さ方向において、その端部で大きく中央部で小さいという不均一な分布を持ち、フリー磁性層37内における単磁区化が妨げられる場合があるが、固定磁性層35を上記の積層構造とすることにより双極子磁界HdをほぼHd=0とすることができ、これによってフリー磁性層37内に磁壁ができて磁化の不均一が発生しパルクハウゼンノイズなどが発生することを防止することができる。

【0099】第1電極層42とハードバイアス層40との間に、TaまたはCrからなる中間層41が設けられると、熱拡散を防ぐことができ、ハードバイアス層40の磁気特性の劣化を防止できる。

【0100】第1電極層42としてTaを用いる場合には、Crの中間層41を設けることによってCrの上層に積層されるTaの結晶構造を低抵抗の体心立方構造にしやすい。

【0101】また、第1電極層42としてCrを用いる場合には、Taの中間層41を設けることにより、Crがエピタキシャルに成長して、抵抗値を低減できる。

【0102】図1に示された磁気検出素子は、いわゆるスピナルブ型磁気検出素子であり、固定磁性層35の磁化方向が、適正に図示Y方向に平行な方向に固定され、しかもフリー磁性層37の磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層35とフリー磁性層37の磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、フリー磁性層37の磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層35の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0103】ただし、電気抵抗値の変化（出力）に直接寄与するのは第2固定磁性層35cの磁化方向と第2フリー磁性層37aの磁化方向の相対角であり、これらの相対角が検出電流が通電されている状態かつ信号磁界が印加されていない状態で直交していることが好ましい。

【0104】本実施の形態では、第1電極層42、42と第2電極層43、43が2層構造の電極部を形成している。第1電極層42、42が本発明における最下層の電極層である。

【0105】また、本実施の形態では、第1電極層42、42と第2電極層43、43のうち、最下層の第1電極層42、42のみと重なる領域S、Sにおける上部

シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G1s$ 、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G1c$ としたときに、前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅 $E-Tw$ が $0.17\mu m$ となる値以下となるように設定している。実効トラック幅 $E-Tw$ とは、前述したフルトラックプロファイル法やマイクロトラックプロファイル法などによって測定された、磁気検出素子の実質上のトラック幅であり、一般的には、光学トラック幅 $O-Tw$ が $0.2\mu m$ 以下になると、 $E-Tw > O-Tw$ となる傾向があった。なお、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離 $G1c$ は、いわゆるギャップ長である。

【0106】具体的には、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0107】あるいは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0108】図1は、上述した前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値の範囲で、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s > G1c$ としている。すなわち、第1電極層42の上面が多層膜Tの表面より、上方(図示Y方向)にある。

【0109】第1電極層42、42は、多層膜Tの両側に隣接して設けられているので、第1電極層42、42のみと重なる領域Sにおける上部シールド層45と下部シールド層31間の距離 $G1s$ は、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離ということになる。

【0110】多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなると、上部シールド層45と下部シールド層31の間を通過して、検出対象の記録トラックの両側の記録トラックから発生する記録媒体からの磁界が磁気検出素子に侵入しやすくなり、実効トラック幅 $E-Tw$ が大きくなる。すなわち、記録トラック間のクロストークが発生しやすくなる。

【0111】実際、後述するように、前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値が大きくなると磁気検出素子の実効トラック

幅 $E-Tw$ も大きくなる。

【0112】本実施の形態では前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅 $E-Tw$ を小さくすることができる。

【0113】ただし、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくすると、多層膜Tの両側に設けられ、多層膜Tに直流電流を供給する第1電極層42の膜厚を薄くする必要が生じ、その結果磁気検出素子の直流抵抗値が大きくなってしまう。

【0114】本実施の形態では、電極部Lを、多層膜T近傍においては薄い第1電極層単層とし、多層膜Tから離れたところの電極部Lの膜厚を、第1電極層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0115】この結果、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0116】また、多層膜T近傍において、第1電極層42を薄く形成できるので、多層膜Tの表面と第1電極層42の側面42aとによって形成される段差Dを低くできる。従って、上部ギャップ層44の膜厚を小さくしても、この段差D上に上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層45と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0117】なお、多層膜T表面に平行な平面と第2電極層43の前縁線の接平面とがなす角度 $\theta 1$ は、多層膜T表面に平行な平面と第1電極層42の前縁線の接平面とがなす角度 $\theta 2$ より小さい。また、第2電極層43の膜厚 $t 2$ は、第1電極層42の膜厚 $t 1$ より厚い。

【0118】図2は、本発明の第2の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0119】この磁気検出素子が、第1の実施の形態の磁気検出素子と異なるのは、最下層の電極層である第1電極層42、42上の一部と、第2電極層43、43上の全ての領域を覆う絶縁層50、50が形成されている点のみである。

【0120】本実施の形態では、絶縁層50、50が形成されるので、上部シールド層45と電極部L、Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できる。

【0121】本実施の形態では、第1電極層42、42と、第2電極層43、43のうち、第1電極層42、42のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G1s$ 、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間

10

20

30

40

50

の距離を Glc としたときに、前記 Gls と前記 Glc の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定している。実効トラック幅 $E-Tw$ とは、前述したフルトラックプロファイル法やマイクロトラックプロファイル法などによって測定された、磁気検出素子の実質上のトラック幅であり、一般的には光学トラック幅 $O-Tw$ が $0.2\mu m$ 以下になると、 $E-Tw > O-Tw$ となる傾向がある。

【0122】具体的には、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Glc - 20nm \leq Glc \leq Glc + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Glc - 20nm \leq Glc \leq Glc + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Glc - 20nm \leq Glc \leq Glc + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0123】あるいは、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $0.67 \leq Glc / Glc \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $0.67 \leq Glc / Glc \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $0.67 \leq Glc / Glc \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0124】本実施の形態でも、前記 Gls と Glc の差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜 T の両側近傍における上部シールド層 45 と下部シールド層 31 間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅 $E-Tw$ を小さくすることができる。

【0125】また、本実施の形態でも、電極部 L を、多層膜 T 近傍においては薄い第1電極層単層とし、多層膜 T から離れたところの電極部 L の膜厚を、第1電極層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0126】この結果、多層膜 T の両側近傍における上部シールド層 45 と下部シールド層 31 間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0127】また、多層膜 T 近傍において、第1電極層 42 を薄く形成できるので、多層膜 T の表面と第1電極層 42 の側面 $42a$ によって形成される段差 D を低くできる。従って、上部ギャップ層 44 の膜厚を小さくしても、この段差 D 上に上部ギャップ層 44 が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層 45 と電極部 L との間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0128】図3、図4、図5は、それぞれ本発明の第3、第4、第5の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0129】図3の磁気検出素子と図2の磁気検出素子との違いは、図2では、前記 Gls と前記 Glc の値

を、 $Gls > Glc$ としているのに対し、図3では $Gls = Glc$ としている点のみである。すなわち、図3では、最下層の電極層である第1電極層 42 の上面 $42b$ と多層膜 T の表面 $T1$ の高さ位置（図示 Y 方向の位置；トレーリング側方向の位置）が等しくなっている。

【0130】図4の磁気検出素子と図2の磁気検出素子との違いは、図2では、前記 Gls と前記 Glc の値を、 $Gls > Glc$ としているのに対し、図4では $Gls < Glc$ としている点のみである。すなわち、図4では、最下層の電極層である第1電極層 42 の上面 $42b$ が多層膜 T の表面 $T1$ より、下方（図示 Y 反対方向）にある。

【0131】図5の磁気検出素子には、図2の磁気検出素子における第1電極層 42 、 42 が形成されていない。図5の磁気検出素子では、ハードバイアス層 40 、 40 が本発明における最下層の電極層を兼ねており、ハードバイアス層 40 、 40 上には Cr 、 Au 、 Ta 、 W 、 Rh 、 Ir 、 Ru 、 Cu などで形成された第2電極層 43 、 43 が積層されている。第2電極層 43 、 43 は、ハードバイアス層 40 、 40 より一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされている。

【0132】多層膜 T の表面、中間層 41 の表面、及び第2電極層 43 、 43 の表面には、上部ギャップ層 44 が成膜されている。さらに、最下層の電極層であるハードバイアス層 40 、 40 上の一部と、第2電極層 43 、 43 上の全ての領域を覆う絶縁層 50 、 50 が形成されている。上部ギャップ層 44 及び絶縁層 50 、 50 上には上部シールド層 45 が形成されている。

【0133】なお、ハードバイアス層 40 、 40 と、第2電極層 43 、 43 が電極部 L である。

【0134】なお、図1から図5に示した実施の形態の磁気検出素子では、反強磁性層 34 の中央部分には隆起部 $34a$ が形成され、隆起部 $34a$ のトラック幅方向（図示 X 方向）における両側端面の基端からは、トラック幅方向に長く伸びる延出部 $34b$ 、 $34b$ が形成されている。

【0135】反強磁性層 34 に延出部 $34b$ を形成し、この延出部 $34b$ の上にバイアス下地層 39 、 39 を介してハードバイアス層 40 、 40 を積層する構造では、前記ハードバイアス層 40 、 40 を、フリー磁性層 37 の両側端面に十分な体積を有して対向させることができる。

【0136】ただし、図6に示されるように、反強磁性層 34 に延出部 $34b$ が形成されなくてもよい。また、図6において、下地層 33 が反強磁性層 34 の下面のみに接して形成され、バイアス下地層 39 が下部ギャップ層 32 に直接接する構造としてもよい。

【0137】また、図1から図6に示した実施の形態の磁気検出素子では、ハードバイアス層 40 の多層膜 T と対向側の側面 $40a$ は、固定磁性層 35 の側面、非磁性

10

20

30

40

50

材料層36の側面、及び第2のフリー磁性層37aの側面とのみ対向しており、第1フリー磁性層37cの側面とは対向していない。ただし、図7に示すように、ハードバイアス層40の側面40aは、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、第2のフリー磁性層37a、非磁性中間層37b、及び第1のフリー磁性層37cの側面と対向してもよい。

【0138】図8は、本発明の第8の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0139】図8に示される実施の形態の磁気検出素子は、第1電極層42が、多層膜Tの不感領域d、d上にまで延ばされて形成されている点のみ図2の実施の形態の磁気検出素子と異なっている。

【0140】ハードバイアス層40、40からのX方向へのバイアス磁界により、フリー磁性層37の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0141】ところで図8に示すように多層膜Tの中央に位置する領域は、感度領域Eであり、その両側は、不感領域d、dである。

【0142】感度領域Eでは、固定磁性層35の磁化が、適正に図示Z方向に固定され、しかもフリー磁性層37の磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層35とフリー磁性層37の磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、フリー磁性層37の磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層35の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。

【0143】すなわち多層膜Tの感度領域Eは、実質的に磁気抵抗効果が発揮される部分であり、この部分で良好に再生機能が働く。

【0144】これに対し、感度領域Eの両側に位置する不感領域d、dでは、固定磁性層35及びフリー磁性層37の磁化が、ハードバイアス層40、40からの磁化の影響を強く受け、フリー磁性層37の磁化は、外部磁界に対し変動しにくくなっている。すなわち不感領域d、dは、磁気抵抗効果が弱く、再生機能が低下した領域である。

【0145】図8では、第1電極層42が、多層膜Tの不感領域d、d上にまで延ばされて形成されている。これにより、電極部L、Lからのセンス電流が、ハードバイアス層40、40を介さずに、直接多層膜Tに、前記センス電流を流す割合を多くでき、しかも第1電極層42、42を不感領域d、d上にまで延ばして形成することにより、多層膜Tと、第1電極層42、42との接合面積も大きくなるため直流抵抗値(DCR)を下げることができ、再生特性を向上させることが可能である。

【0146】また、第1電極層42、42が不感領域

d、d上に延ばされて形成されると、センス電流が不感領域d、dに流れ込みノイズを発生させることを抑えることができる。

【0147】図9は、本発明の第9の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0148】図9に示された磁気検出素子では、バイアス下地層39、39が、反強磁性層34の延出部34b上にのみ成膜されている。従って、ハードバイアス層40、40は、多層膜T側の側面40a、40aが、第2フリー磁性層37aの側面と直接接している。すると、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37aが磁氣的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端部において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0149】バイアス下地層39、39が、多層膜Tの側面上に形成された場合でも、第2フリー磁性層37a及び第1フリー磁性層37cの側面上に形成されなければ、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37aの側面を直接接触させられる。

【0150】または、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37aとの間にバイアス下地層39、39が形成された場合でも、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37a間のバイアス下地層39、39の膜厚が1nm以下であれば、バイアス下地層39、39に生じたピンホールを通じて、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37aが磁氣的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端部において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0151】図3ないし図9の磁気検出素子でも、最下層の電極層(第1電極層42、42またはハードバイアス層40、40)と、第2電極層43、43のうち、最下層の電極層のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sと前記G1cの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅E-Twが0.17μmとなる値以下に設定している。実効トラック幅E-Twとは、前述したフルトラックプロファイル法やマイクロトラックプロファイル法によって測定する。

【0152】具体的には、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

10

20

30

40

50

【0153】あるいは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0154】図3ないし図9に示された実施の形態でも、前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。

【0155】また、本実施の形態でも、電極部Lを、多層膜T近傍においては薄い第1電極層またはハードバイアス層単層とし、多層膜Tから離れたところの電極部Lの膜厚を、第1電極層またはハードバイアス層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0156】この結果、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0157】図1ないし図9の実施の形態では、フリー磁性層37の磁化方向を一定方向に揃える能力の高い強磁性材料からなるハードバイアス層40、40を用いて、フリー磁性層37を単磁区化している。

【0158】一般に、ハードバイアス層を用いると、このハードバイアス層に重なる位置に前記電極部を形成しなくてはならなくなり、前記多層膜の表面と前記電極部の側面とによって形成される段差が高くなり、上部ギャップ層が確実に形成されにくくなる。

【0159】本発明では、多層膜T近傍において電極部Lを薄く形成できるので、多層膜Tの表面と電極部Lの側面とによって形成される段差Dを低くでき、この段差D上に上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層44と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。なお、必ずしも前記G1sと前記G1cの値を上記所定の値以下にしなくても、上部シールド層44と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるという効果は得られる。

【0160】図10は、本発明の第10の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0161】図10に示された磁気検出素子は、多層膜T2が図1ないし図9に示す磁気検出素子の多層膜Tの積層の順番を逆にされたものである。つまり、図10では、下地層33の上に、第1フリー磁性層37c、非磁性中間層37b、第2フリー磁性層37aからなるシン

セティックフェリフリー型のフリー磁性層37、非磁性材料層36、第2の固定磁性層35c、非磁性中間層35b、第1の固定磁性層35aからなるシンセティックフェリピンド型の固定磁性層35、反強磁性層34、保護層38が連続して積層されている。

【0162】この実施例においては、多層膜T2の第1フリー磁性層37cは、反強磁性層34よりも下方に形成されており、ハードバイアス層61、61の膜厚の厚い部分と隣接しており、従ってフリー磁性層37の磁化は容易にX方向に揃えられる。これにより、バルクハウゼンノイズの発生を低減させることができる。

【0163】下地層33の上面と第2のフリー磁性層37aの側面に接してCrなどによってバイアス下地層60が形成されている。バイアス下地層60の上には、例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されたハードバイアス層61が形成されている。

【0164】ハードバイアス層61上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層62が形成され、この中間層62の上に、Cr、Au、Ta、W、Rh、Ir、Ru、Cuなどで形成された第1電極層63、63が形成されている。

【0165】第1電極層63、63は、多層膜T2の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなっている。第1電極層63、63上にはCr、Au、Ta、Cu、Rh、Ir、Ru、Wなどで形成された第2電極層64、64が積層されている。第2電極層64、64は、第1電極層63、63より、一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされている。

【0166】多層膜T2の表面、第1電極層63、63の表面、及び第2電極層64、64の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド層45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。

【0167】ハードバイアス層61は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cのうち、一方の磁化方向を揃えるだけでよい。図10では、ハードバイアス層61の側面61aが第1フリー磁性層37cの側面にのみ対向しており、第1フリー磁性層37cの磁化方向のみをそろえている。第1フリー磁性層37cの磁化方向が一定方向に揃えられると、第2フリー磁性層37aは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0168】本実施の形態では、ハードバイアス層61は図示X方向の静磁界を、主に第1のフリー磁性層37cに与える。従って、ハードバイアス層61から発生する図示X方向の静磁界によって、第2フリー磁性層37

10

20

30

40

50

aの磁化方向(図示X方向と逆向き)が乱されることを抑えることができる。

【0169】図10の磁気検出素子でも、最下層の電極層(第1電極層63、63)と、第2電極層64、64のうち、最下層の電極層のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜T2の中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sと前記G1cの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が0.17μmとなる値以下に設定している。実効トラック幅E-Twとは、前述したフルトラックプロファイル法又はマイクロトラックプロファイル法などによって測定する。

【0170】具体的には、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0171】あるいは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0172】図10に示された実施の形態でも、前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜T2の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。

【0173】また、本実施の形態でも、電極部Lを、多層膜T2近傍においては薄い第1電極層またはハードバイアス層単層とし、多層膜T2から離れたところの電極部Lの膜厚を、第1電極層またはハードバイアス層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0174】この結果、多層膜T2の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0175】また、多層膜T2近傍において、第1電極層42またはハードバイアス層40を薄く形成できるので、多層膜T2の表面と第1電極層42の側面42aとによって形成される段差Dを低くできる。従って、上部ギャップ層44の膜厚を小さくしても、この段差D上に

上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層45と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0176】図11は、本発明の第11の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0177】このスピバルブ型薄膜素子は、非磁性材料層106を中心として、その上下に第1フリー磁性層105、第2フリー磁性層107、非磁性導電層104、108、第1固定磁性層103、第3固定磁性層109、非磁性材料層102、110、第2固定磁性層101、第4固定磁性層111及び反強磁性層100、112が形成された、いわゆるデュアルスピバルブ型薄膜素子と呼ばれるものであり、図1ないし図10に示すスピバルブ型薄膜素子(シングルスピバルブ型薄膜素子と呼ばれる)よりも高い再生出力を得ることが可能である。なお最も下側に形成されている層が下地層33で、最も上側に形成されている層が保護層38であり、下地層33から保護層38までの積層体によって多層膜T3が構成されている。

【0178】本発明では、反強磁性層100、112がPt-Mn(白金-マンガン)合金膜により形成されている。あるいは前記Pt-Mn合金に代えて、X-Mn(ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ruのいずれか1種または2種以上の元素である)で、あるいはPt-Mn-X'(ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Agのいずれか1種または2種以上の元素である)で形成されていてもよい。

【0179】前記第1フリー磁性層105、前記第2フリー磁性層107、前記第1固定磁性層103、前記第2固定磁性層101、前記第3固定磁性層109、前記第4固定磁性層111は、Ni-Fe(ニッケル-鉄)合金、Co(コバルト)、Co-Fe(コバルト-鉄)合金、Co-Fe-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層104、108は、Cu(銅)などの電気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0180】下地層33上から、第2固定磁性層101、非磁性材料層102、第1固定磁性層103、非磁性導電層104、第1フリー磁性層105の側面にかけて、Crなどで形成された緩衝膜及び配向膜となるバイアス下地層113、113が形成されており、このバイアス下地層113、113の形成によって、後述するハードバイアス層114、114から発生するバイアス磁界を増大させることができる。

【0181】さらにバイアス下地層113、113の上には、例えばCo-Pt(コバルト-白金)合金やCo-Cr-Pt(コバルト-クロム-白金)合金などで形成されたハードバイアス層114、114が形成されている。

【0182】また前記ハードバイアス層114、114

上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層115、115が形成され、この中間層115、115の上に、Cr、Au、Ta、W、Rh、Ir、Ru、Cuなどで形成された第1電極層116、116が形成されている。

【0183】第1電極層116、116は、多層膜T3の両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなっている。第1電極層116、116上にはCr、Au、Cu、Ta、Rh、Ir、Ru、Wなどで形成された第2電極層117、117が積層されている。第2電極層117、117は、第1電極層116、116電極層より、一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされている。

【0184】多層膜T3の表面、第1電極層116、116の表面、及び第2電極層117、117の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド層45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。

【0185】また、図11では、磁気モーメントが異なる前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101が、前記非磁性材料層102を介して積層されたものが、一つの固定磁性層P1として機能する。また、磁気モーメントが異なる前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111が、前記非磁性材料層110を介して積層されたものが、一つの固定磁性層P2として機能する。

【0186】前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101の磁化方向は、180度異なる反平行のフェリ磁性状態になっており、前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101とが互いに他方の磁化方向を固定しあうので、全体として固定磁性層P1の磁化方向を一定方向に安定させることができる。

【0187】図11では、前記第1固定磁性層103及び前記第2固定磁性層101を同じ材料を用いて形成し、さらに、それぞれの膜厚を異ならせることにより、それぞれの磁気モーメントを異ならせている。

【0188】また、前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111の磁化方向も、180度異なる反平行のフェリ磁性状態になっており、前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111とが互いに他方の磁化方向を固定しあっている。

【0189】なお、前記非磁性材料層102、110は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されている。

【0190】前記第2固定磁性層101及び第4固定磁性層111は、それぞれ反強磁性層100及び112と接して形成され、磁場中アニールが施されることにより、前記第2固定磁性層101及び反強磁性層100との界面並びに前記第4固定磁性層111及び反強磁性層

112との界面にて交換結合による交換異方性磁界が生じる。

【0191】前記第2固定磁性層101の磁化方向は、図示Z方向に固定される。前記第2固定磁性層101の磁化方向が図示Y方向に固定されると、前記非磁性材料層102を介して対向する第1固定磁性層103の磁化方向が、前記第2固定磁性層101の磁化方向と反平行の状態に固定される。なお前記第2固定磁性層101の磁気モーメントと前記第1固定磁性層103の磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が前記固定磁性層P1の磁化方向となる。

【0192】前記第2固定磁性層101の磁化方向が図示Z方向に固定されるとき、前記第4固定磁性層111の磁化方向は、図示Z方向と反平行方向に固定されることが好ましい。このとき、前記非磁性材料層110を介して対向する第3固定磁性層109の磁化方向が、前記第4固定磁性層111の磁化方向と反平行方向に、すなわち、Z方向に固定される。なお前記第4固定磁性層111の磁気モーメントと前記第3固定磁性層109の磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が前記固定磁性層P2の磁化方向となる。

【0193】すると、前記第1フリー磁性層105、前記非磁性材料層106、前記第2フリー磁性層107を介して対向する、前記第1固定磁性層103と前記第3固定磁性層109の磁化方向は、互いに180度異なる反平行状態になる。

【0194】図11では、後述するように、フリー磁性層Fが前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107が、前記非磁性材料層106を介して積層されたものとして形成され、前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107の磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態になっている。

【0195】前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107は、外部磁界の影響を受けて、フェリ磁性状態を保ったまま磁化方向を変化させる。このとき、前記第1固定磁性層103と前記第3固定磁性層109の磁化方向が、互いに180度異なる反平行状態になっていると、フリー磁性層Fより上層部分の抵抗変化率とフリー磁性層Fより下層部分の抵抗変化の位相が等しくなる。

【0196】さらに、前記固定磁性層P1の磁化方向と前記固定磁性層P2の磁化方向が、反平行方向であることが好ましい。

【0197】例えば、磁化方向が図示Z方向に固定されている前記第2固定磁性層101の磁気モーメントの大きさを前記第1固定磁性層103の磁気モーメントの大きさよりも大きくし、固定磁性層P1の磁化方向を図示Z方向にする。一方、磁化方向が図示Z方向に固定されている前記第3固定磁性層109の磁気モーメントの大きさを前記第4固定磁性層111の磁気モーメントの大

きさよりも小さくし、固定磁性層P2の磁化方向を図示Z方向と反平行方向にする。

【0198】すると、センス電流を図示X方向と反対向きに流したときに発生するセンス電流磁界の方向と、固定磁性層P1の磁化方向及び固定磁性層P2の磁化方向が一致し、前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101のフェリ磁性状態、及び前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111のフェリ磁性状態が安定する。

【0199】また、前記第1フリー磁性層105及び前記第2フリー磁性層107は、それぞれの磁気モーメントが異なるように形成されている。ここでも、前記第1フリー磁性層105及び前記第2フリー磁性層107を同じ材料を用いて形成し、さらに、それぞれの膜厚を異ならせることにより、前記第1フリー磁性層105及び前記第2フリー磁性層107の磁気モーメントを異ならせている。

【0200】さらに、非磁性材料層102、106、110は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されている。

【0201】図11では、前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107が、前記非磁性材料層106を介して積層されたものが、一つのフリー磁性層Fとして機能する。

【0202】前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107の磁化方向は、反平行となるフェリ磁性状態になっており、フリー磁性層Fの膜厚を薄くすることと同等の効果が得られ、フリー磁性層F全体の単位面積あたりの実効的な磁気モーメントが小さくなって磁化が変動しやすくなり、磁気抵抗効果素子の磁界検出感度が向上する。

【0203】前記第1フリー磁性層105の磁気モーメントと前記第2フリー磁性層107の磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が前記フリー磁性層Fの磁化方向となる。

【0204】前記ハードバイアス層114、114は図示X方向（トラック幅方向）に着磁されており、前記ハードバイアス層114、114からのX方向へのバイアス磁界により、前記フリー磁性層Fの磁化方向は図示X方向になっている。

【0205】前記感度領域Eでは、固定磁性層P1、P2の磁化方向が、適正に図示Z方向あるいはZと反対方向に固定され、しかもフリー磁性層Fの磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層P1、P2とフリー磁性層Fの磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、前記フリー磁性層Fの磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層P1、P2の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。ただし、電気抵抗値の

変化（出力）に直接寄与するのは第1固定磁性層103の磁化方向と第1フリー磁性層105の磁化方向の相対角、及び第3固定磁性層109の磁化方向と第2フリー磁性層107の磁化方向の相対角であり、これらの相対角が検出電流が通電されている状態かつ信号磁界が印加されていない状態で直交していることが好ましい。

【0206】ハードバイアス層114は、フリー磁性層Fを構成する第1フリー磁性層105と第2フリー磁性層107のうち、一方の磁化方向を揃えるだけでよい。

図11では、第2フリー磁性層107の磁化方向のみを揃えている。第2フリー磁性層107の磁化方向が一定方向に揃えられ、第1フリー磁性層105は磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層F全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0207】本実施の形態では、第1ハードバイアス層114は図示X方向の静磁界を、主に第2フリー磁性層107に与える。従って、ハードバイアス層114から発生する図示X方向の静磁界によって、第1フリー磁性層105の磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0208】図11の磁気検出素子でも、最下層の電極層（第1電極層116、116）と、第2電極層117、117のうち、最下層の電極層のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜T3の中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sと前記G1cの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅E-Twが0.17μmとなる値以下に設定している。実効トラック幅E-Twとは、前述したフルトラックプロファイル法またはマイクロトラックプロファイル法によって測定する。

【0209】具体的には、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0210】あるいは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0211】図11に示された実施の形態でも、前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによ

て、多層膜T3の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。

【0212】また、本実施の形態でも、電極部Lを、多層膜T3近傍においては薄い第1電極層またはハードバイアス層単層とし、多層膜T3から離れたところの電極部Lの膜厚を、第1電極層またはハードバイアス層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0213】この結果、多層膜T3の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0214】図1から図11に示された磁気検出素子では、電極部Lを2層の電極層の積層構造体としたが、電極部Lが3層以上の電極層の積層構造体であってもよい。

【0215】図12は、本発明の第12の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図である。

【0216】図12の磁気検出素子は、電極部L1が3層の電極層42、43、51の積層構造体である点でのみ図1の磁気検出素子と異なっている。

【0217】第2電極層43、43は、第1電極層42、42より、一对の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされ、第3電極層51、51は、第2電極層43、43より、一对の電極のトラック幅方向の間隔が大きくされている。

【0218】図12の磁気検出素子では、最下層の電極層（第1電極層42、42）、第2電極層43、43、第3電極層51、51のうち、最下層の電極層のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をGls、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をGlcとしたときに、前記Glsと前記Glcの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅E-Twが0.17μmとなる値以下に設定している。実効トラック幅E-Twは、前述したフルトラックプロファイル法またはマイクロトラックプロファイル法によって測定する。

【0219】具体的には、前記Glsと前記Glcの値を、 $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記Glsと前記Glcの値を、 $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記Glsと前記Glcの値を、 $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0220】あるいは、前記Glsと前記Glcの値

を、 $0.67 \leq Gls / Glc \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記Glsと前記Glcの値を、 $0.67 \leq Gls / Glc \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記Glsと前記Glcの値を、 $0.67 \leq Gls / Glc \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0221】図12に示された実施の形態でも、前記GlsとGlcの差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。

【0222】また、本実施の形態でも、電極部L1を、多層膜T近傍においては薄い第1電極層単層とし、多層膜Tから離れたところの電極部L1の膜厚を、第1電極層42、42上に第2電極層43、43及び第3電極層51、51を積層することによって大きくしている。

【0223】この結果、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0224】また、多層膜T近傍において、第1電極層42を薄く形成できるので、多層膜Tの表面と第1電極層42の側面42aとによって形成される段差Dを低くできる。従って、上部ギャップ層44の膜厚を小さくしても、この段差D上に上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層45と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0225】なお、複数層の電極層は上層の電極層ほど、前記多層膜表面に平行な平面と前記電極層の前端縁の接平面とがなす角度が小さくなり、上層の電極層ほど膜厚が厚くなることが好ましい。

【0226】なお、フリー磁性層37、Fと固定磁性層35、P1、P2は、単層の磁性材料層あるいは2層の磁性材料層(CoFe/NiFeなど)として形成されてもよい。

【0227】また、図13は、図1に示された磁気検出素子の多層膜Tと第1電極層42、42と第2電極層43、43を図1の図示上方から見た平面図である。

【0228】図13に示されるように、複数層の電極層のうち最下層の電極層である第1電極層42、42のハイト方向の奥行き長さZ1が、多層膜Tのハイト方向の奥行き長さZ2より長くされているので、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0229】なお、本発明では、多層膜T、T2、またはT3と電氣的に接続される最下層の電極層（第1電極層42、63、117またはハードバイアス層40）は、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいよ

うに、W、Ta、Rh、Ir、Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、最下層の電極層以外の電極層（第2電極層、第3電極層）の材料をCr、Cu、Au、Taなどの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0230】図2に示された磁気検出素子の製造方法を説明する。まず図14に示すように、下部シールド層31、下部ギャップ層32を成膜する。下部シールド層31は、NiFeなどの磁性材料を用いて形成し、下部ギャップ層32はAl₂O₃、SiO₂などの絶縁性材料を用いて形成する。下部シールド層31は、基板30上に、アルミナなどの絶縁性材料からなる図示しない下地層を介して積層されている。

【0231】さらに、下部ギャップ層32上に、図2に示される下地層33、反強磁性層34、第1の固定磁性層35a、非磁性中間層35b、第2の固定磁性層35cからなるシンセティックフェリピンド型の固定磁性層35、非磁性材料層36、第2のフリー磁性層37a、非磁性中間層37b、第1フリー磁性層37cからなるシンセティックフェリフリー型のフリー磁性層37、保護層38を積層し、多層膜Tを形成する。

【0232】なおこの多層膜Tの代りに、図11に示すシングルスピンバルブ型薄膜素子の多層膜T2、図12に示すデュアルスピンバルブ型薄膜素子の多層膜T3であってもよい。

【0233】なお多層膜T、T2、またはT3を構成する反強磁性層を、PtMn合金により形成することが好ましく、またはX—Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）あるいはPt—Mn—X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Agのいずれか1種または2種以上の元素である）で形成してもよい。前記反強磁性層を上述した材質で形成する場合、固定磁性層との界面で交換結合磁界を発生させるには熱処理を施す必要がある。

【0234】次に、形成する磁気検出素子の光学トラック幅O—Twの領域を覆うリフトオフ用のレジスト層R1を、多層膜T上にパターン形成する。

【0235】図14に示すように、レジスト層R1には、その下面に切り込み部R1a、R1aが形成されている。

【0236】次に図15に示す工程では、エッチングにより多層膜Tの両側を削り込む。本工程では、エッチングレート及びエッチング時間を制御し、反強磁性層34の側面を削り取らず残るようすることにより、反強磁性層34を図示X方向に長く形成している。なお、反強磁性層34の側面を完全に削ると、図6に示される磁気検出素子を形成することができる。

【0237】さらに図16に示す工程では、多層膜Tの両側に、バイアス下地層39、39、ハードバイアス層

40、40、中間層41、41を成膜する。バイアス下地層39、39はCr、Ti、Mo、またはW₅₀Mo₅₀のうちいずれか一種以上、好ましくはCrを、ハードバイアス層40、40はCo—Pt（コバルト—白金）合金やCo—Cr—Pt（コバルト—クロム—白金）合金などを、中間層41、41はTaを用いて形成した。本実施の形態では、バイアス下地層39、39、ハードバイアス層40、40、中間層41、41の成膜を異方性を有するイオンビームスパッタ法を用いて行った。

【0238】本実施の形態では、ハードバイアス層40、40は多層膜Tと対向する側の側面40aの最上部40b、40bが第2のフリー磁性層37aの上面37a1と重なる高さ位置に形成される。すなわち、ハードバイアス層40の多層膜Tと対向する側の側面40aは、及び第2のフリー磁性層37aの側面と対向する高さ位置まで成膜され、第1フリー磁性層37cの側面とは対向しないように形成されている。ただし、図7に示されるように、ハードバイアス層40の側面40aが、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、第2のフリー磁性層37a、非磁性中間層37b、及び第1のフリー磁性層37cの側面と対向するようにしてもよい。

【0239】ハードバイアス層40は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cのうち、第2フリー磁性層37aの磁化方向のみをそろえている。第2フリー磁性層37aの磁化方向が一定方向に揃えられ、第1フリー磁性層37cは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0240】本実施の形態では、ハードバイアス層40は図示X方向の静磁界を、主に第2のフリー磁性層37aに与える。従って、ハードバイアス層40から発生する図示X方向の静磁界によって、第1フリー磁性層37cの磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0241】次に図17に示す工程では、基板30表面の法線方向に対し所定の角度θ3から、中間層41、41上に第1電極層42、42を成膜する。第1電極層42、42は、多層膜Tの両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔Sp1を開けて形成された一対の電極からなる。

【0242】この際、第1電極層42、42を、多層膜T上に設けられたレジスト層R1の下面に形成された切り込み部R1a、R1a内にまで成膜してもよい。

【0243】なお、第1電極層42、42を形成するときには、図13に示されるように、第1電極層42、42のハイト方向の奥行き長さZ1を、多層膜Tのハイト方向の奥行き長さZ2より長く形成することが好ましい。

【0244】そしてレジスト層R1を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、図18に

示すように、切り込み部R2a、R2aの形成されたりリフトオフ用のレジスト層R2を多層膜T及び第1電極層42、42上に形成する。

【0245】次に、基板30表面の法線方向に対し所定の角度 θ_4 から、第1電極層42、42上に第2の電極層43、43を成膜する。このような製造方法を用いることにより、第2電極層43、43を構成する一对の電極のトラック幅方向の間隔Sp2を、第1電極層42、42電極層を構成する一对の電極のトラック幅方向の間隔Sp1より大きくできる。

【0246】この際、第2電極層43、43を、レジスト層R2の下面に形成された切り込み部R2a、R2a内にまで成膜してもよい。

【0247】第1電極層42、42及び第2電極層43、43を成膜するときには、例えば、多層膜Tが形成された基板30に対し、第1電極層42、42または第2電極層43、43の組成で形成されたターゲットを斜めに傾けて、前記ターゲットを前記基板30上で移動または回転させながら、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により、第1電極層42、42または第2電極層43、43を中間層41、41上に成膜する。

【0248】または、前記ターゲットを固定して基板30側を、前記ターゲットに対し斜め方向に移動または回転させてもよい。また図18に示すように、レジスト層R2の上には、第2電極層43、43と同じ組成の層43Aが成膜される。

【0249】なお、第2電極層43、43を成膜するときの成膜角度 θ_4 を、第1電極層42、42の電極層を成膜するときの成膜角度 θ_3 よりも大きくすることが好ましい。成膜角度 $\theta_4 > \theta_3$ とすることにより、多層膜T表面に平行な平面と第2電極層43の前端縁の接平面とがなす角度 θ_1 を、多層膜T表面に平行な平面と第1電極層42、の前端縁の接平面とがなす角度 θ_2 より小さくできる。

【0250】 $\theta_1 < \theta_2$ とすると、多層膜Tに直接接続される第1電極層42、42から多層膜Tへの電流の供給を安定化することができる。

【0251】また、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、かつ磁気検出素子の直流抵抗値を小さくするために、第2電極層43の膜厚t2を、第1電極層42の膜厚t1より厚くすることが好ましい。

【0252】また、多層膜Tと電気的に接続される最下層の電極層である第1電極層42、42を、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W、Ta、Rh、Ir、Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、第2電極層43、43をCr、Cu、Au、Taな

どの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0253】そしてレジスト層R2を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、多層膜T、第1電極層42、42及び第2電極層43、43に、図19に示すように、上部ギャップ層44を成膜する。

【0254】さらに、図20に示す工程では、多層膜T及び最下層の電極層である第1電極層42、42上の一部と重なる領域に、切り込み部の形成されたりリフトオフ用のレジスト層R3を積層し、基板30に対し斜め方向から第1電極層上の一部及び第2電極層43、43上の全ての領域と重なる絶縁層50、50を成膜する。

【0255】レジスト層R3を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、図21に示すように、上部ギャップ層44上に上部シールド層45を成膜し、上部シールド層45上に保護層46を成膜する工程を経て、図2の磁気検出素子が完成する。

【0256】なお、上記した磁気検出素子の製造方法において、第1電極層42、42と、第2電極層43、43のうち、第1電極層42、42のみと重なる領域であって、絶縁層50、50と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sと前記G1cの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu\text{m}$ となる値以下となるように、磁気検出素子を構成する各層の膜厚を設定することが好ましい。

【0257】具体的には、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20\text{nm} \leq G1s \leq G1c + 90\text{nm}$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20\text{nm} \leq G1s \leq G1c + 70\text{nm}$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20\text{nm} \leq G1s \leq G1c + 30\text{nm}$ を満たす範囲に設定することである。

【0258】あるいは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0259】前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができる。

【0260】また、本実施の形態でも、電極部Lを、多層膜T近傍においては薄い第1電極層単層とし、多層膜Tから離れたところの電極部Lの膜厚を、第1電極層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0261】この結果、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0262】また、多層膜T近傍において、第1電極層42を薄く形成できるので、多層膜Tの表面と第1電極層42の側面42aとによって形成される段差Dを低くできる。従って、上部ギャップ層44の膜厚を小さくしても、この段差D上に上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層45と電極部Lとの間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0263】以上、図2に示された磁気検出素子の製造方法について説明したが、絶縁層50、50の形成を省略することにより、図1に示された磁気検出素子を形成することができる。また、前記G1sと前記G1cの値の上述した範囲内で、前記G1sと前記G1cの値をG1s=G1cとすると図3の磁気検出素子を形成でき、G1s<G1cとすると図4の磁気検出素子を形成できる。

【0264】また、第1電極層42、42を形成せず、中間層41、41上に直接第2電極層43、43を積層することにより、図5の磁気検出素子を形成できる。

【0265】図8の磁気検出素子を形成するときには、マイクロトラックプロファイル法などを用いて多層膜Tの不感領域d、dの幅寸法を予め別の磁気検出素子を用いて測定しておき、この不感領域d、d上のみを覆うように、リフトオフ用のレジスト層を形成し、第1電極層42、42を成膜するときに、前記レジスト層の切り込み部内にまで、第1電極層42、42を形成すればよい。

【0266】図9に示された磁気検出素子を形成するときには、図22に示されるように、バイアス下地層39、39を基板30の表面に対する法線方向から成膜すればよい。例えば、バイアス下地層39、39をスパッタ成膜するためのターゲットを基板30に平行となるように対向させ、スパッタ粒子Saの角度分布が狭く直進性のよい方法（イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法）によって形成する。これにより、多層膜Tの側面に堆積するスパッタ粒子がほとんどなく、多層膜T中の反強磁性層34の延出部34b上のみ成膜されるようにできる。

【0267】さらに、ハードバイアス層40、40を等法性または異方性のスパッタ法を用いて成膜することにより、図9に示されるように、ハードバイアス層40、

40の多層膜T側の側面40a、40aが、第2フリー磁性層37aの側面と直接接するようにできる。すると、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37aが磁氣的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端部において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0268】レジスト層R1の端部R1b、R1bの位置と、スパッタ粒子Saの角度分布及び直進性を設定することにより、バイアス下地層39、39が多層膜Tの側面上に全く形成されないようにすること、第2フリー磁性層37a及び第1フリー磁性層37cの側面上に形成されない範囲でバイアス下地層39、39が多層膜Tの側面上に形成されるようにすること、ハードバイアス層40、40と第2フリー磁性層37a間のバイアス下地層39、39の膜厚が1nm以下となるようにバイアス下地層39、39が多層膜Tの側面上に形成されるようにすることのうちのいずれかになるようにできる。

【0269】また、図12に示されるような3層以上の電極層からなる電極部Lを形成するためには、切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト層を多層膜Tから既に形成された複数層の電極層のうち最上層の電極層上にかけて形成し、前記最上層の電極層上にさらに別の電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の成膜角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程を繰り返せばよい。

【0270】図14から図17に示された工程において、多層膜Tをマスクするレジスト層を2層レジスト法、イメージリバース法などによって形成された切り込み部R1a、R1aを有するリフトオフ用のレジスト層R1としている。

【0271】ただし、本発明では、図23に示されるように、切り込み部を有さないレジスト層R4を用いて、形成する磁気検出素子の光学トラック幅O-Twの領域を覆う領域をマスクしてもよい。光学トラック幅O-Twを0.2μm以下の幅寸法で形成するときには、電子ビームリソグラフィーなどを用いて、切り込み部を有さないレジスト層R4を形成することが有効である。

【0272】レジスト層R4の形成後、図24に示すごとくエッチングにより多層膜Tの両側を削り込む。

【0273】さらに図25に示す工程では、多層膜Tの両側に、バイアス下地層39、39、ハードバイアス層40、40、中間層41、41、及び第1電極層42、42を成膜する。

【0274】本発明では、多層膜T近傍において第1電極層42、42を薄く形成でき、多層膜Tの表面と第1電極層42、42の側面とによって形成される段差Dの高さ寸法t3を低くできる。従って、レジスト層R4が切り込み部を有さなくとも、第1電極層42、42の成膜後にレジスト層R4を確実に除去できる。

【0275】なお、本発明の磁気検出素子に記録用のイ

10

20

30

40

50

ンダクティブヘッドを積層して、記録再生複合型磁気ヘッドを構成してもよい。

【0276】

【実施例】図1に示された構造の磁気検出素子を用いて浮上式磁気ヘッドを形成し、磁気検出素子の多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離G1cを固定し、第1電極層42、42のみと重なる領域であって、第2電極層43、43と重ならない領域S、Sにおける上部シールド層45と下部シールド層31間の距離G1sを変化させたときの実効トラック幅(effective read width)E-Twを測定した。

【0277】実効トラック幅E-Twの測定は、先に説明したフルトラックプロファイル法を用いて行った(図27参照)。

【0278】測定に用いた磁気検出素子のG1cは60nm、光学的トラック幅O-Twを0.15μm、多層膜Tのハイト方向長さZ2を0.1μm、記録媒体からの磁気的浮上量を18nmとした。また、ハードバイアス層の40、40の残留磁化×膜厚の値を7.5T・nmとしたときと21.7T・nmとしたときの2通りの場合について調べた。

【0279】図26に、前記G1sとG1cの差の値と実効トラック幅E-Twとの関係を示すグラフを示す。

【0280】図26のグラフから、前記G1sの値が小さくなると実効トラック幅E-Twが小さくなることが分かる。

【0281】ハードバイアス層の40、40の残留磁化×膜厚の値を7.5T・nmとした場合、実効トラック幅E-Twを0.17μm以下にするためには、前記G1sとG1cの差の値を90nm以下とすればよいことが分かる。さらに、前記G1sとG1cの差の値を70nm以下とすれば、実効トラック幅E-Twを0.167μm以下にでき、前記G1sとG1cの差の値を30nm以下とすれば、実効トラック幅E-Twを0.165μm以下にできる。

【0282】また、ハードバイアス層の40、40の残留磁化×膜厚の値を21.7T・nmとした場合、前記G1sとG1cの差の値を70nm以下とすれば、実効トラック幅E-Twを0.16μm以下にでき、前記G1sとG1cの差の値を30nm以下とすれば、実効トラック幅E-Twを0.157μm以下にできる。

【0283】なお、充分な厚さのハードバイアス層40、40を形成するためには、 $G1s - G1c \geq -20$ nmとすることが好ましい。

【0284】これらの結果から、本発明では、前記G1sと前記G1cの値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましいとし、より好ましくは、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定すること、さらに好

ましくは、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することとした。

【0285】また、前記G1cが60nmであることと、上記前記G1sと前記G1cの好ましい値の範囲とから、前記G1sと前記G1cの値を、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましいとし、より好ましくは、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定すること、さらに好ましくは、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することとした。

【0286】

【発明の効果】以上詳細に説明した本発明によれば、前記G1sとG1cの差の値を所定の値以下とすることによって、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくし、実効トラック幅を小さくすることができる。

【0287】また、本発明では、前記電極部をトラック幅方向に所定の間隔を開けて形成された一対の電極からなる電極層が複数層積層され、上層の電極層ほど前記一対の電極のトラック幅方向の間隔が大きくなったものとすることによって、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成し、前記多層膜から離れたところで、前記電極層を複数層積層することによって、前記電極部の膜厚を大きくしている。

【0288】この結果、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値が大きくなることを抑えることができる。

【0289】また、本発明では、前記多層膜近傍においては前記電極部を薄く形成できるので、前記多層膜の表面と前記電極部の側面とによって形成される段差を低くできる。従って、前記上部ギャップ層の膜厚を小さくしても、この段差上に前記上部ギャップ層が確実に形成されるようにできる。すなわち、前記上部シールド層と前記電極層との間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図2】本発明の第2の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図3】本発明の第3の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図4】本発明の第4の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図5】本発明の第5の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図6】本発明の第6の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図7】本発明の第7の実施の形態の磁気検出素子を記

録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 8】本発明の第 8 の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 9】本発明の第 9 の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 10】本発明の第 10 の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 11】本発明の第 11 の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 12】本発明の第 12 の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図 13】図 1 に示された磁気検出素子の多層膜 T と第 1 電極層 42、42 と第 2 電極層 43、43 を図 1 の図示上方から見た平面図、

【図 14】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 15】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 16】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 17】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 18】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 19】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 20】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 21】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 22】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 23】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 24】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 25】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図 26】前記 Gls と Glc の差の値と突効トラック幅との関係を示すグラフ、

【図 27】フルトラックプロファイル法を説明するためのグラフ、

【図 28】従来の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【符号の説明】

31 下部シールド層

32 下部ギャップ層

33 下地層

34 反強磁性層

35 固定磁性層

35a 第 1 の固定磁性層

35b 非磁性中間層

35c 第 2 の固定磁性層

36 非磁性材料層

37 フリー磁性層

37a 第 2 のフリー磁性層

37b 非磁性中間層

37c 第 1 フリー磁性層

38 保護層

39 バイアス下地層

40 ハードバイアス層

41 中間層

42 第 1 電極層

43 第 2 電極層

44 上部ギャップ層

45 上部シールド層

46 保護層

T 多層膜

【図 13】

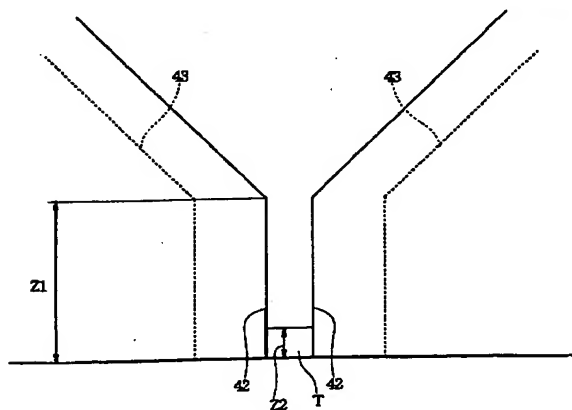


図 13

【図 14】

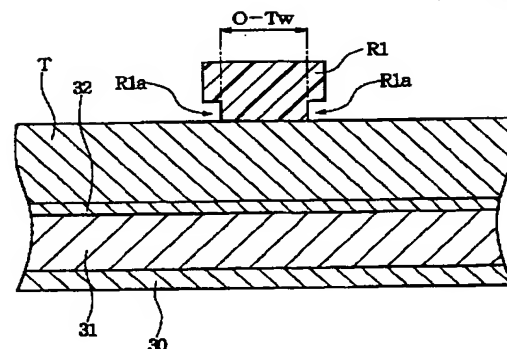
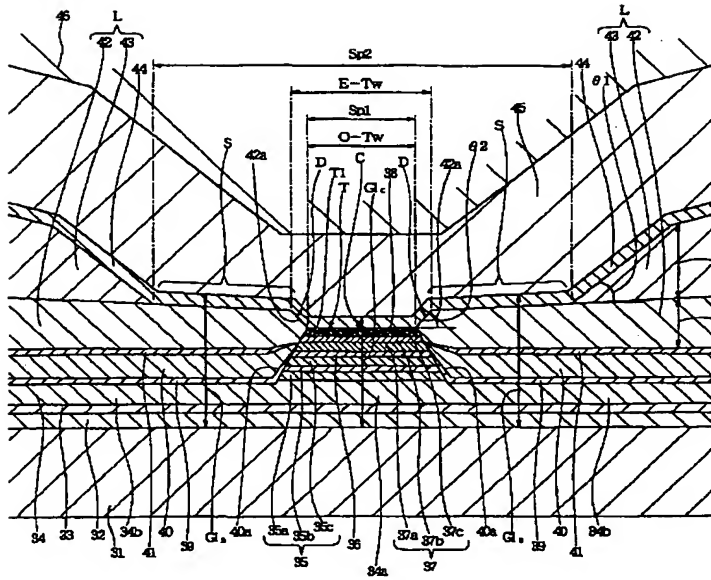
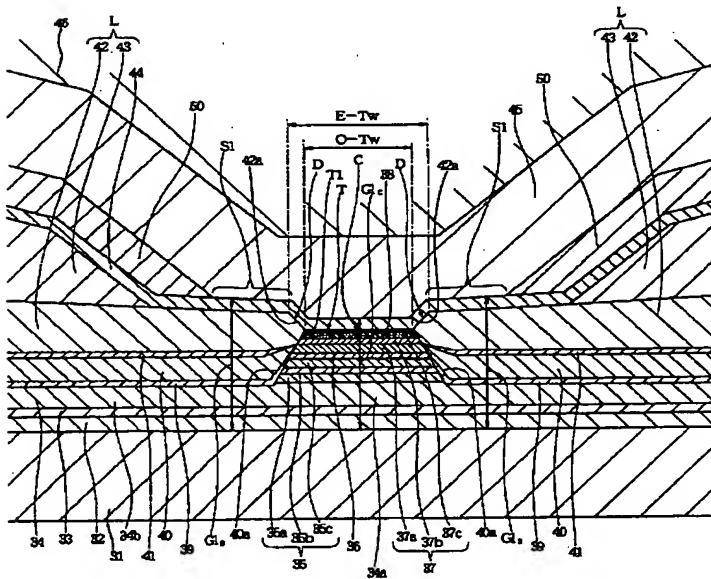


図 14

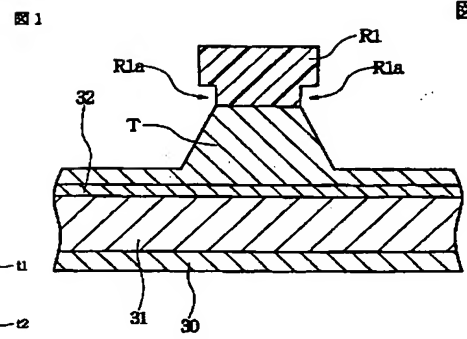
【図 1】



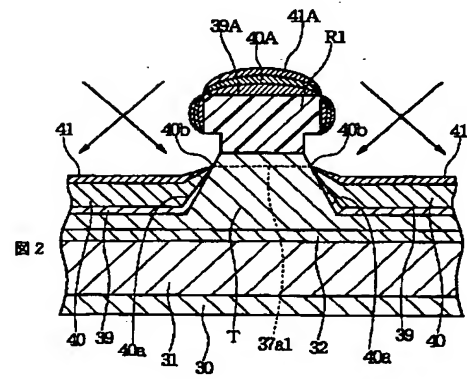
【図 2】



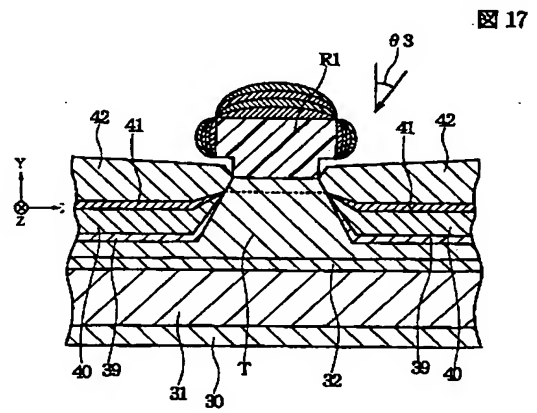
【図 15】



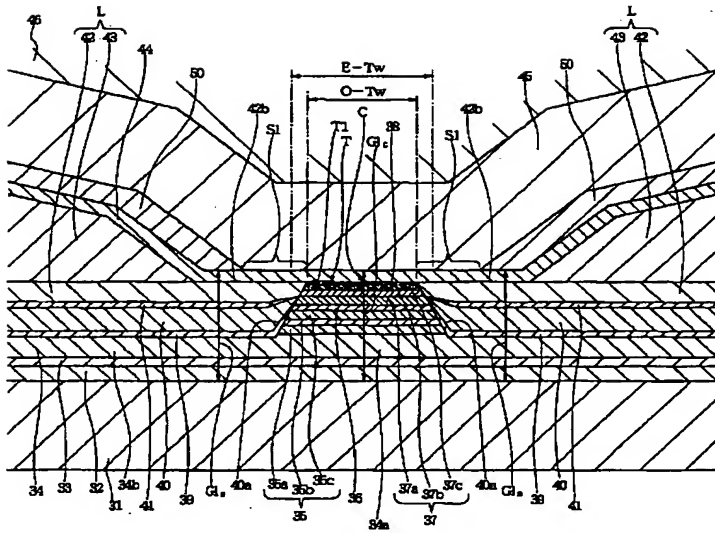
【図 16】



【図 17】



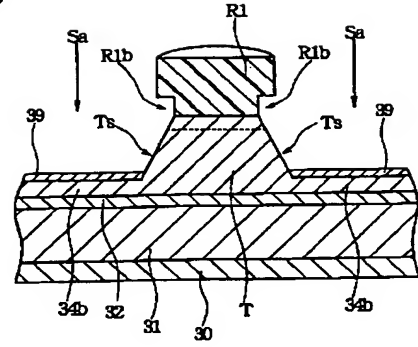
【図 3】



【図 2 2】

図 3

図 22



【図 2 4】

図 24

【図 4】

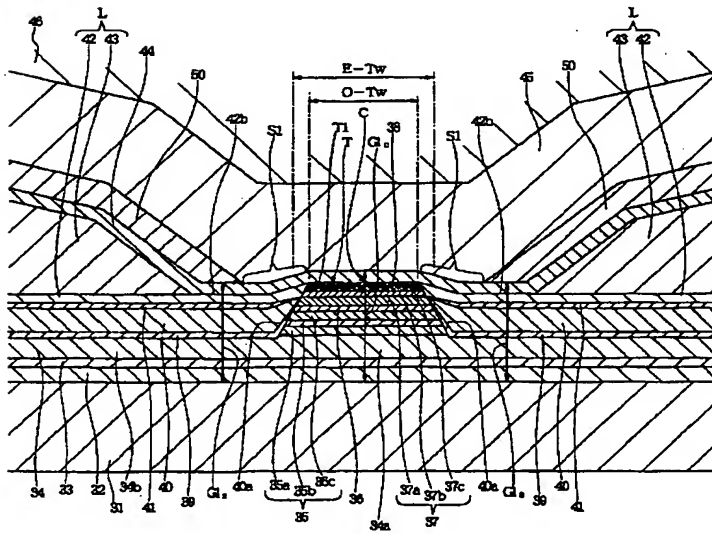
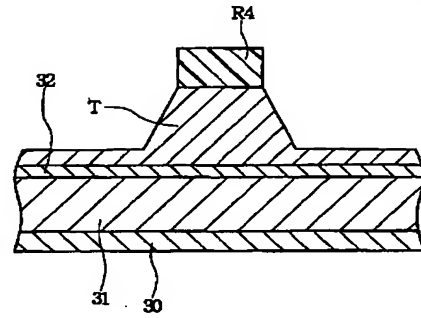


図 4



【図5】

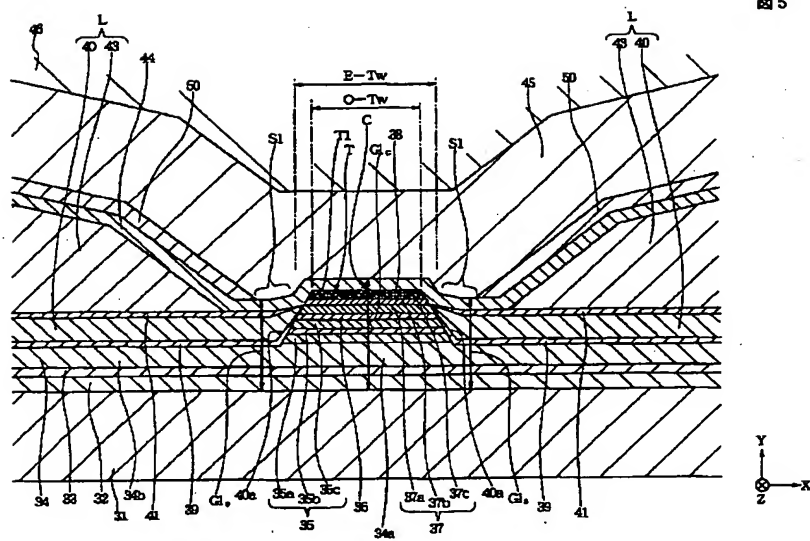


図5

【図6】

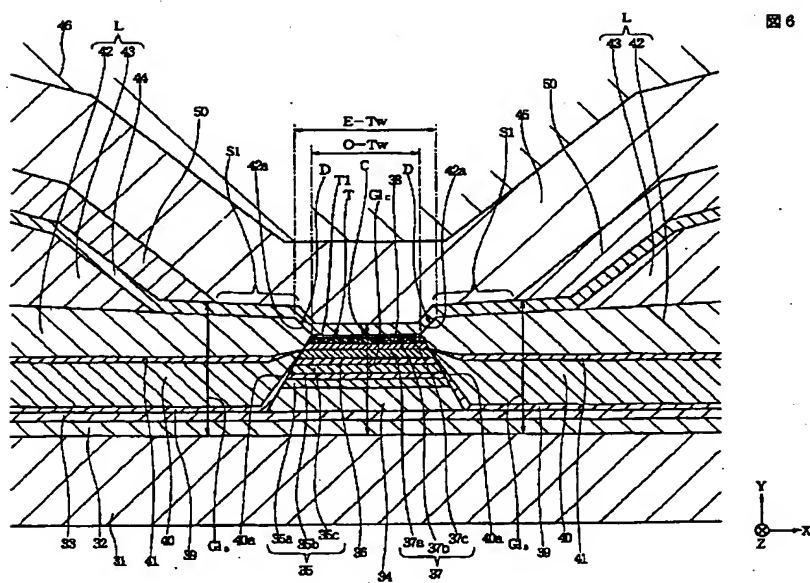
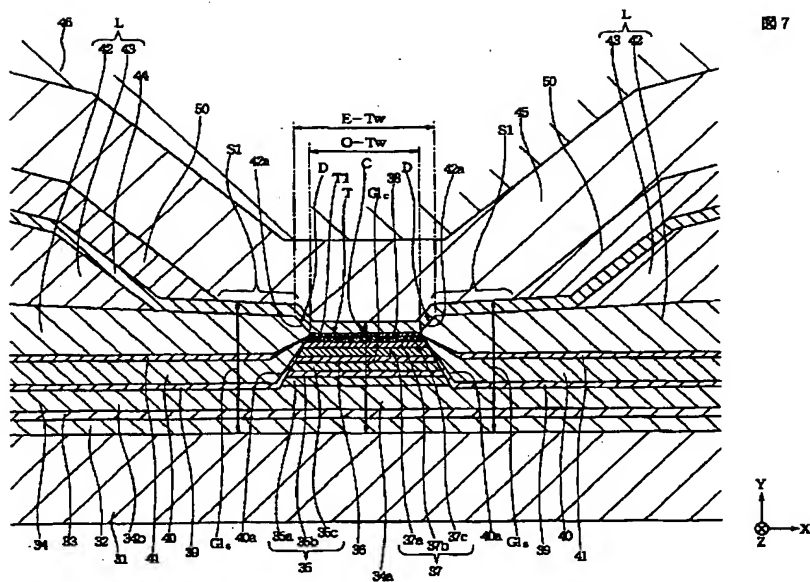
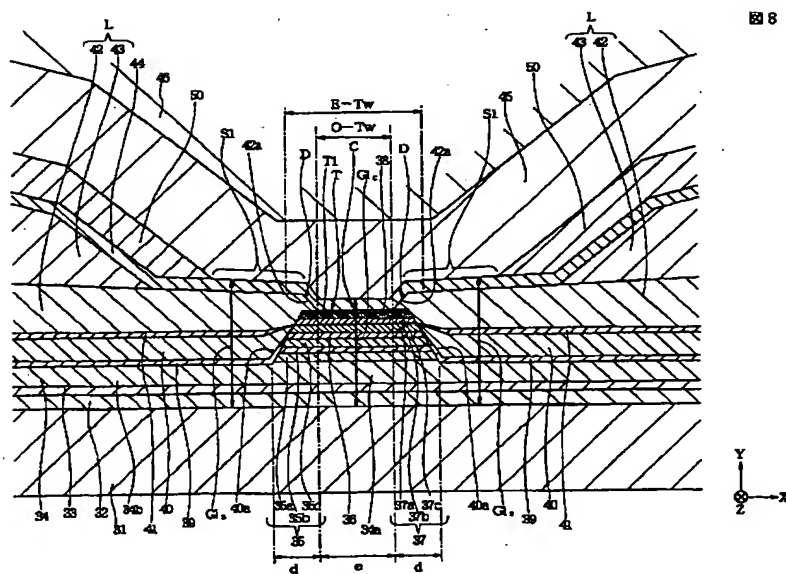


図6

图 7



8



【図9】

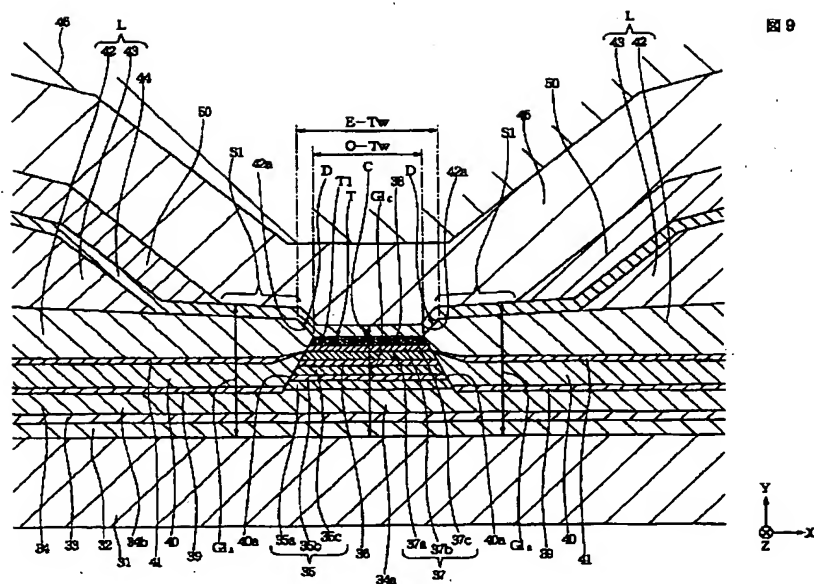


図9

【図10】

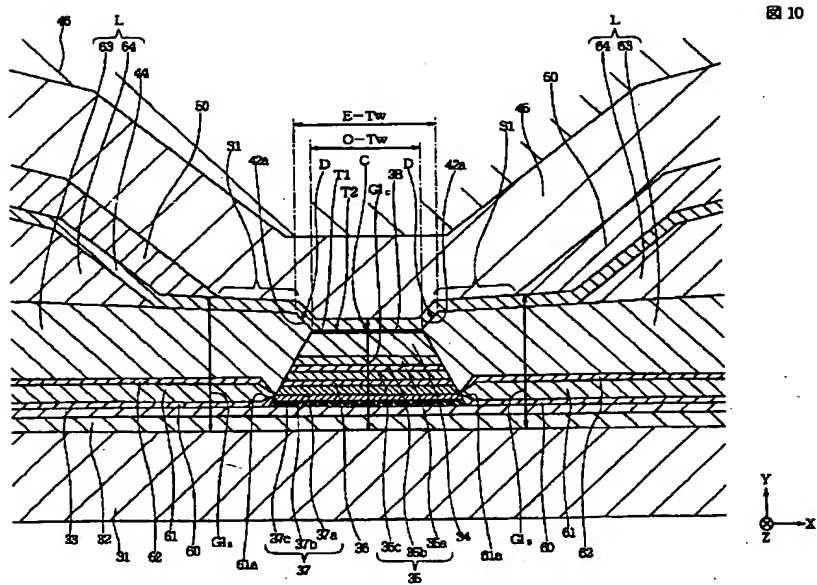
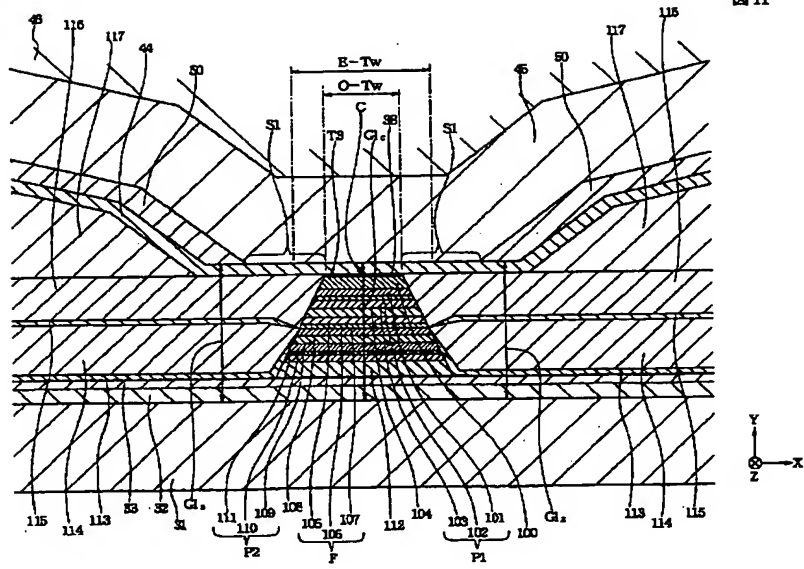
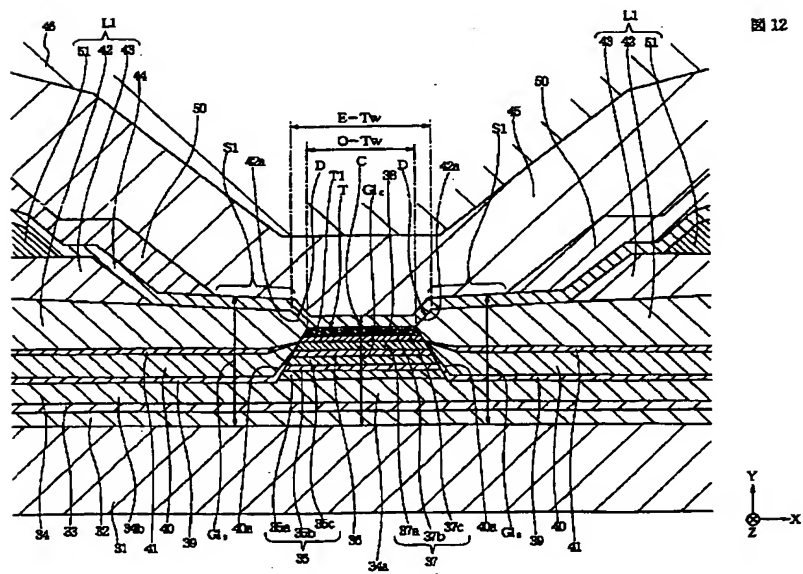


図10

【図 11】



【図 12】



【図18】

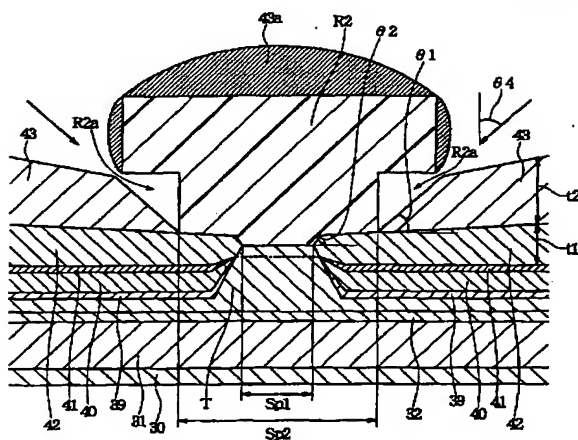


図18

【図19】

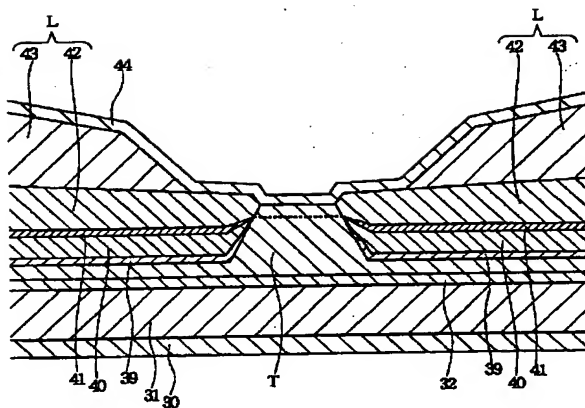


図19

【図20】

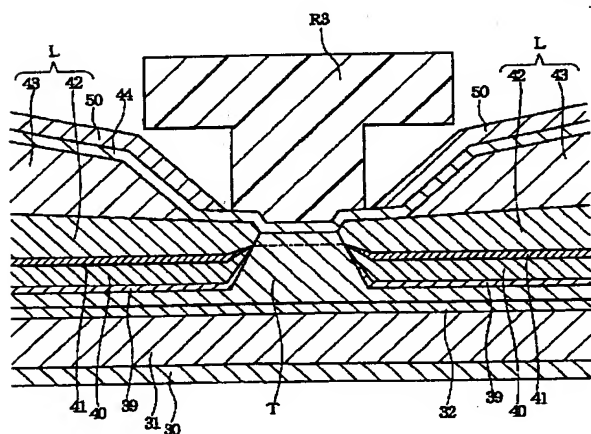


図20

【図21】

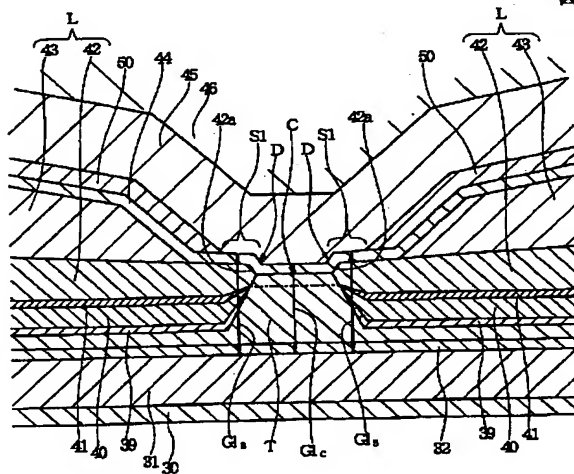


図21

【図23】

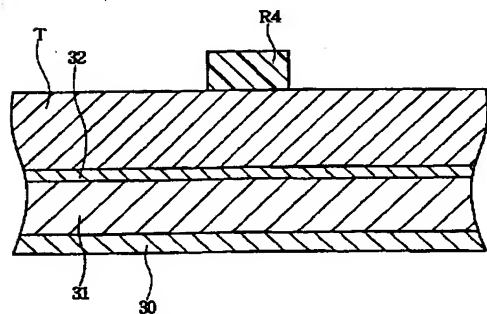


図23

【図25】

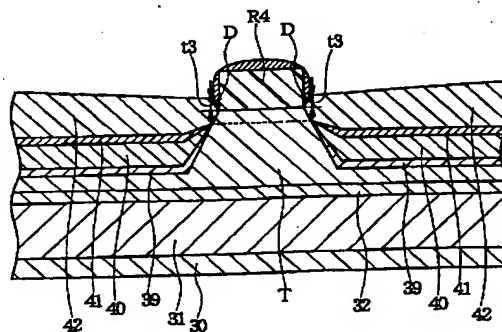
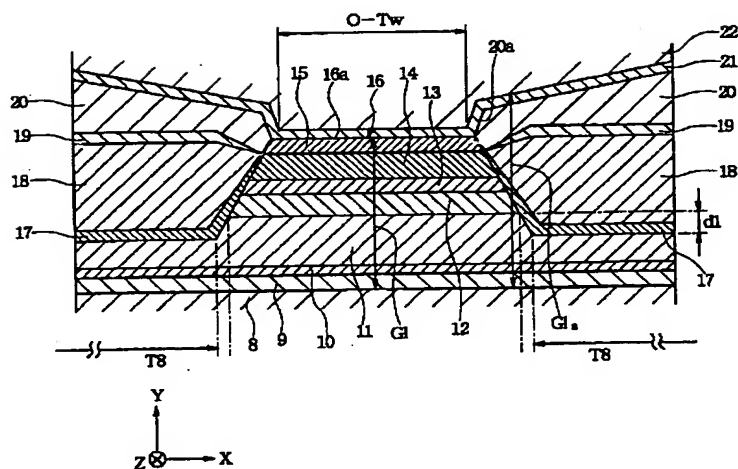


図25

【图 27】



圖 28



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 清
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 長谷川 直也
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72)発明者 中澤 由紀恵
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内
Fターム(参考) 2G017 AA01 AC01 AD55 AD63 AD65
5D034 BA04 BA05 BA08 BA09 BA12
BA16 BB08 CA00 CA08 DA07

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280643

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
G01R 33/09
G11B 5/39

(21)Application number : 2001-083129

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.2001

(72)Inventor : AOKI DAIGO

HONDA KENJI

SATO KIYOSHI

HASEGAWA NAOYA

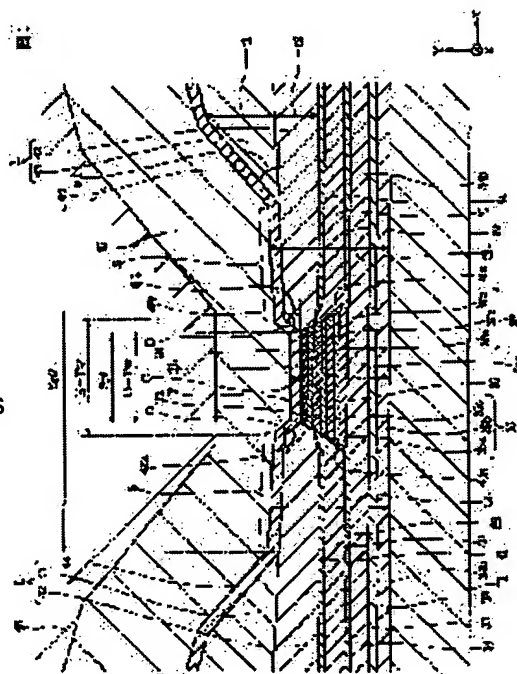
NAKAZAWA YUKIE

(54) MAGNETIC DETECTION ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem that effective track width becomes larger than optical track width when track width becomes $0.2\ \mu\text{m}$ or less in the conventional magnetic detection element.

SOLUTION: When the distance between upper and lower shield layers 45 and 31 in a region that is overlapped with first electrode layers 43 and 43 and is not overlapped with second electrode layers 43 and 43 is set to G_1 s, and the distance between the upper and lower shield layers 45 and 31 at a position that is overlapped with a center C in a multilayer film T is set to G_{1c} , the difference between the G_1 s and G_{1c} is set to a specific value or less, thus reducing the effective track width E-Tw.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The lower shielding layer which consists of a magnetic material on a substrate, and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The polar zone for supplying a current to said multilayers, and the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, In the magnetic sensing element which has the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer said polar zone Two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers is carried out. Spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair is enlarged for the upper electrode layer. The distance between said up shielding layer in said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer, and said lower shielding layer Gl_s, The magnetic sensing element characterized by setting the value of said difference of Gl_s and Gl_c below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers when distance between said up shielding layer in the location which laps with the center of said multilayers, and said lower shielding layer is set to Gl_c.

[Claim 2] The lower shielding layer which consists of a magnetic material on a substrate, and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The polar zone for supplying a current to said multilayers, and the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, In the magnetic sensing element which has the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer said polar zone Two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers is carried out. Spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair is enlarged for the upper electrode layer. Among said electrode layers which are layers The part on the electrode layer of the lowest layer, A wrap insulating layer is formed in all the fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer. It is said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer in the field which does not lap

with said insulating layer, and said lower shielding layer with the center of Glc and said multilayers, and said lower shielding layer is set to Glc The magnetic sensing element characterized by setting below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Glc.

[Claim 3] The magnetic sensing element according to claim 1 or 2 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Glc \leq Glc + 90 \text{ nm}$.

[Claim 4] The magnetic sensing element according to claim 1 or 2 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Glc \leq Glc + 30 \text{ nm}$.

[Claim 5] The magnetic sensing element according to claim 1 to 4 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Glc/Glc \leq 2.50$.

[Claim 6] The magnetic sensing element according to claim 1 to 4 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Glc/Glc \leq 1.50$.

[Claim 7] The magnetic sensing element according to claim 1 to 6 which makes said Glc and said value of Glc $Glc > Glc$.

[Claim 8] The magnetic sensing element according to claim 1 to 6 which makes said Glc and said value of Glc $Glc = Glc$.

[Claim 9] The magnetic sensing element according to claim 1 to 6 which makes said Glc and said value of Glc $Glc < Glc$.

[Claim 10] The lower shielding layer which consists of a magnetic material on a substrate, and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The hard bias layer for arranging the magnetization direction of said free magnetic layer in the fixed direction, The polar zone for supplying a current to said multilayers formed in the location which laps with said hard bias layer, In the magnetic sensing element which has the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, and the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer Said polar zone to the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers The magnetic sensing element to which two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in it is carried out, and the upper electrode layer is characterized by enlarging spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair.

[Claim 11] Said hard bias layer is a magnetic sensing element according to claim 1 to 10 which has countered through the bias substrate layer of 1nm or less of thickness which the side face by the side of said multilayers is directly in contact with the side face of said free magnetic layer, or becomes from the side face and non-magnetic material of said free magnetic layer.

[Claim 12] The electrode layer of a layer is a magnetic sensing element according to claim 1 to 11 to which said include angle which as parallel to said multilayers front face a flat surface as the upper electrode layer and the tangential plane of the front end edge of said electrode layer make becomes small.

[Claim 13] The electrode layer of a layer is said magnetic sensing element according to claim 1 to 12 to which thickness becomes thick like the upper electrode layer two or more.

[Claim 14] The depth die length of the height direction of the electrode layer of the lowest layer is a magnetic sensing element [longer than the depth die length of the height direction of said multilayers] according to claim 1 to 13 among said electrode layers which are layers.

[Claim 15] Said magnetic sensing element according to claim 1 to 14 which makes two or more ingredients of the electrode layer of the lowest layer any one sort of W, Ta, Rh, Ir, and Ru, or two sorts or more among the electrode layers of a layer, and forms the ingredient of electrode layers other than the electrode layer of the lowest layer by any one sort of Cr, Cu, Au, and Ta, or two sorts or more.

[Claim 16] (a) The process which forms the multilayers which demonstrate a lower shielding layer, a lower gap layer, and a magneto-resistive effect on a substrate, (b) The process which forms a resist layer on said multilayers, and the process which deletes the field which is not covered with said resist layer of the (c) aforementioned multilayers, (d) to the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers The process which forms the 1st electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in it from a predetermined include angle to the direction of a normal of said substrate, and removes the account resist layer of back to front, (e) The process which forms the resist layer for lift off in which the slitting section was formed on said multilayers and said 1st electrode layer, (f) The process which forms the 2nd electrode layer from a predetermined include angle on said 1st electrode layer to the direction of a normal of said substrate, (g) The manufacture approach of the magnetic sensing element characterized by having the process which removes said resist layer for said lift off, the process which forms an up gap layer on the (h) aforementioned multilayers and the 2nd electrode layer, and the process which forms an up shielding layer on the (i) aforementioned up gap layer.

[Claim 17] The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 of setting up more greatly than the predetermined include angle in the process of the above (d) said predetermined include angle in the process of the above (f).

[Claim 18] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 16 or 17 which makes thickness of the 2nd electrode layer thicker than the thickness of said 1st electrode layer in the process of the above (f).

[Claim 19] It forms on the electrode layer of the maximum upper layer among the already formed two or more layers electrode layers from said multilayers, applying the resist layer for lift off by which (j) slitting section was formed between the process of the above (g), and the process of (h). The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 to 18 of performing the process which forms still more nearly another electrode layer from a predetermined membrane formation include angle to the direction of a normal of said substrate, and removes the account resist layer of back to front on the electrode layer of said maximum upper layer once or more.

[Claim 20] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 19 which makes the membrane formation include angle when forming said another electrode layer larger than the membrane formation include angle when forming the lower layer electrode layer of said another electrode layer in the process of the above (j).

[Claim 21] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 19 or 20 which makes thickness of said another electrode layer thicker than the thickness of the lower layer electrode layer of said another electrode layer in the process of the above (j).

[Claim 22] Between the process of the above (f), the process of the above (g) between the processes of the above (g), and the processes of the above (h), or in between (k) the process of the above (j), and the processes of the above (h) The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 to 21 of having the process which forms a wrap insulating layer for the top face of all electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer.

[Claim 23] To the field which laps with the part on the electrode layer of the lowest layer between the process of the above (h), and the process of the above (i) among the (l) aforementioned multilayers and the electrode layer formed two or more layers The laminating of the resist layer for lift off in which the slitting section was formed is carried out, and said substrate is received. On said up gap layer from across The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 to 22 of having the process which forms a wrap insulating layer for all the fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer.

[Claim 24] The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 to 23 of having the process which forms said 1st electrode layer according to the process of the above (d) after forming a hard bias layer on both sides of said multilayers after the process of the above (c).

[Claim 25] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 16 to 24 which forms the depth die length of the height direction of said 1st electrode layer in the process of the

above (d) for a long time than the depth die length of the height direction of said multilayers.

[Claim 26] The ingredient of said 1st electrode layer is made into any one sort or two sorts or more in W, Ta, Rh, Ir, and Ru in the process of the above (d). The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 16 to 25 which makes the ingredient of electrode layers other than said 1st electrode layer any one sort or two sorts or more in Cr, Cu, Au, and Ta in the process of the above (f) and (j).

[Claim 27] Said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer Or it is said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer, and can set to the field which does not lap with said insulating layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer and said lower shielding layer with the center of Gls and said multilayers, and said lower shielding layer is set to Glc The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 16 to 26 of setting the value of said difference of Gls and Glc below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[Claim 28] The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 27 of setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Gls \leq Glc + 90 \text{ nm}$.

[Claim 29] The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 27 or 28 of setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$.

[Claim 30] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 27 to 29 which makes said Gls and said value of Glc $Gls > Glc$.

[Claim 31] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 27 to 29 which makes said Gls and said value of Glc $Gls = Glc$.

[Claim 32] The manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 27 to 29 which makes said Gls and said value of Glc $Gls < Glc$.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic sensing element which detects a field using a magneto-resistive effect, and relates to the magnetic sensing element which can narrow the effective width of recording track and can respond to high recording density-ization especially, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 28 is the sectional view which saw the conventional magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium.

[0003] In the magnetic sensing element shown in drawing 28, the laminating of the lower gap layer 9 is carried out on the lower shielding layer 8, the antiferromagnetism layer 11 is formed in the direction of illustration X for a long time through the substrate layer 10 on the lower gap layer 9, and the antiferromagnetism layer 11 projects only the height dimension d1, and is formed at the core of the direction of X. And on this projected antiferromagnetism layer 11, the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, the free magnetic layer 14, and a protective layer 15 are formed, and the layered product to a protective layer 15 consists of substrate layers 10 as multilayers 16.

[0004] The antiferromagnetism layer 11 is formed with antiferromagnetism ingredients, such as a Pt-Mn (platinum-manganese) alloy.

[0005] Said fixed magnetic layer 12 and free magnetic layer 14 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Co-Fe (cobalt-iron) alloy, the Co-Fe-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 13 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0006] And as shown in drawing 28, from on the width method T8 of the antiferromagnetism layer 11 which was extended in the direction of illustration X and formed in it, it applies to the side face of the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, and the free magnetic layer 14, the metal membrane 17 used as the buffer film and orientation film which were formed by Cr etc. is formed, and the bias field generated from the hard bias layer 18 later mentioned by formation of this metal membrane 17 can be increased.

[0007] On the metal membrane 17, the hard bias layer 18 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0008] The hard bias layer 18 is magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and magnetization of the free magnetic layer 14 is arranged in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from the hard bias layer 18.

[0009] Moreover, on the hard bias layer 18, the electrode layer 20 which the interlayer 19 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and was formed by Cr, Au, Ta, W, etc. on this interlayer 19 is formed.

[0010] Furthermore, the laminating of the up gap layer 21 which consists of an insulating material on multilayers 16 and the electrode layer 20 is carried out, and the up shielding layer 22 is formed on the up

gap layer 21 which consists of a magnetic material.

[0011] Here, the width method of the top face of multilayers 16 the electrode layer 20 is not formed is optical truck width method O-Tw, and the distance between the up shielding layer 22 in the location which laps with the center of multilayers 16, and the lower shielding layer 8 is gap length Gl.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order that high recording density-ization of a magnetic-recording medium may progress increasingly and may enlarge track recording density in recent years, it has come to be required that gap length Gl of a magnetic sensing element should be shortened increasingly. In order to shorten gap length Gl, it is necessary to make small thickness of the lower gap layer 9 and the up gap layer 21.

[0013] However, with the structure of the conventional magnetic sensing element as shown in drawing 28, the level difference is formed in the forming face of the up gap layer 21 of surface 16a of multilayers 16, and side-face 20a of the electrode layer 20. The laminating of the insulating ingredient for forming the up gap layer 21 on this level difference is hard to be carried out. Therefore, if thickness of the up gap layer 21 is made small while it has been in the condition that said level difference was formed, the up gap layer 21 will become is hard to be formed on this level difference, and it will become easy to short-circuit between the up shielding layer 22 and the electrode layers 20 electrically.

[0014] Moreover, the field from the record medium generated from the recording track in the both sides of the recording track for detection invades into a magnetic sensing element, and the phenomenon in which it is sensed in the field near the both-sides section of multilayers 16 arises. This phenomenon could be disregarded, when the truck width method and track pitch spacing of a magnetic sensing element were large, for example a truck width method was 0.2 micrometers or more. However, if said truck width method is set to 0.2 micrometers or less, track pitch spacing will also become narrow. The rate of the magnitude of the field which invades from the recording track in both sides to the magnitude of the field from the recording track for detection becomes large. The phenomenon in which an effective truck width method will become larger than optical truck width method O-Tw as a result arose, and the problem of it becoming impossible for a magnetic sensing element to correspond to high recording density-ization of a record medium had arisen.

[0015] This invention aims at offering the magnetic sensing element which it is and can advance narrow-gap-izing of a magnetic sensing element, and narrow track width-of-face-ization and its manufacture approach for solving the above-mentioned conventional technical problem.

[0016]

[Means for Solving the Problem] The lower shielding layer to which this invention consists of a magnetic material on a substrate, and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The polar zone for supplying a current to said multilayers, and the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, In the magnetic sensing element which has the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer said polar zone Two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers is carried out. Spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair is enlarged for the upper electrode layer. The distance between said up shielding layer in said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer, and said lower shielding layer Gl_s, When distance between said up shielding layer in the location which laps with the center of said multilayers, and said lower shielding layer is set to Gl_c, it is characterized by setting the value of said difference of Gl_s and Gl_c below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0017] Since the electrode layer of said lowest layer is adjoined and prepared in the both sides of said multilayers, the distance Gls between said up shielding layer in the field which laps only with the electrode layer of said lowest layer, and said lower shielding layer will be called the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers], and said lower shielding layer.

[0018] If the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer becomes large, it will pass along between said up shielding layer and said lower shielding layers, the field from the record medium generated from the recording track of the both sides of the recording track for detection will become easy to invade into a magnetic sensing element, and the effective width of recording track will become large. That is, it becomes easy to generate the cross talk between recording tracks.

[0019] If the value of said difference of Gls and Glc actually becomes large so that it may mention later, the effective width of recording track of a magnetic sensing element will also become large.

[0020] In this invention, by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer becomes large, and the effective width of recording track can be made small. Especially, in this invention, the effective width of recording track is made to 0.17 micrometers or less.

[0021] However, if distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer is made small, it will be prepared in the both sides of said multilayers, it will be necessary to make thin thickness of the electrode layer which supplies a direct current to said multilayers, and, as a result, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element will become large.

[0022] So, in this invention, two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair opened and formed is carried out [spacing / predetermined to the truck cross direction] in said polar zone. The upper electrode layer in the place which formed said polar zone thinly [near / said / the multilayers], and is distant from said multilayers by having enlarged spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair Thickness of said polar zone is enlarged by carrying out two or more layer laminating of said electrode layer.

[0023] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers], and said lower shielding layer.

[0024] Moreover, in this invention, since said polar zone can be formed thinly [near / said / the multilayers], the level difference formed of the front face of said multilayers and the side face of said polar zone can be made low. Therefore, even if it makes thickness of said up gap layer small, said up gap layer can be certainly formed on this level difference. Namely, the electric short circuit between said up shielding layers and said electrode layers can be more certainly prevented now.

[0025] Moreover, the lower shielding layer to which this invention consists of a magnetic material on a substrate and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The polar zone for supplying a current to said multilayers, and the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, In the magnetic sensing element which has the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer said polar zone Two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers is carried out. Spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair is enlarged for the upper electrode layer. Among said electrode layers which are layers The part on the electrode layer of the lowest layer, A wrap insulating layer is formed in all the

fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer. It is said field which lap only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer in the field which does not lap with said insulating layer, and said lower shielding layer with the center of Gls and said multilayers, and said lower shielding layer is set to Glc It is characterized by setting below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls.

[0026] In this invention, since two or more wrap insulating layers are formed among the electrode layers of a layer in the part on the electrode layer of the lowest layer, and all the fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer, in said part which influences neither the effective width of recording track nor playback pulse width (PW50), the electric short circuit between said up shielding layers and said electrode layers can be prevented more certainly.

[0027] Moreover, it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0028] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0029] In addition, it is good also as $Gls < Glc$ also as $Gls = Glc$ also considering said Gls and said value of Glc as $Gls > Glc$ within the limits of said Gls mentioned above and said value of Glc.

[0030] If it is $Gls > Glc$, the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer is larger than the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0031] If it is $Gls = Glc$, the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer is equal to the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0032] If it is $Gls < Glc$, the distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer is smaller than the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0033] Moreover, the lower shielding layer to which this invention consists of a magnetic material on a substrate and the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on this lower shielding layer, The multilayers by which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, and a laminating is carried out on said lower gap layer, The hard bias layer for arranging the magnetization direction of said free magnetic layer in the fixed direction, The polar zone for supplying a current to said multilayers formed in the location which laps with said hard bias layer, In the magnetic sensing element which has the up gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on said multilayers and said polar zone, and the up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out on said up gap layer Said polar zone to the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers Two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in it is carried out, and the upper electrode layer is characterized by enlarging spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair.

[0034] In this invention, said free magnetic layer is single-domain-ized using the hard bias layer which consists of a ferromagnetic high ingredient of the capacity to arrange the magnetization direction of said free magnetic layer in the fixed direction.

[0035] However, if a hard bias layer is used, the level difference which must stop having to form said

polar zone in the location which laps with this hard bias layer, and is formed of the front face of said multilayers and the side face of said polar zone will become high, and an up gap layer will become that it is hard to be formed certainly.

[0036] In this invention, two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened spacing predetermined to the truck cross direction, and was formed in said polar zone is carried out, and spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair the upper electrode layer by having been enlarged Thickness of said polar zone is enlarged by forming said polar zone thinly [near / said / the multilayers], and carrying out two or more layer laminating of said electrode layer in the place distant from said multilayers.

[0037] Therefore, in this invention, since said polar zone can be formed thinly [near / said / the multilayers], the level difference formed of the front face of said multilayers and the side face of said polar zone can be made low, and said up gap layer can be certainly formed on this level difference. Namely, the electric short circuit between said up shielding layers and said electrode layers can be more certainly prevented now.

[0038] In addition, if the side face by the side of said multilayers has countered through the bias substrate layer of 1nm or less of thickness which is directly in contact with the side face of said free magnetic layer, or consists of the side face and non-magnetic material of said free magnetic layer, since said hard bias layer and said free magnetic layer will serve as a continuum magnetically and stability of said hard bias layer will increase, it is desirable.

[0039] Moreover, said include angle which as parallel to said multilayers front face a flat surface as the upper electrode layer and the tangential plane of the front end edge of said electrode layer make becomes small, and, as for the electrode layer of a layer, it is as desirable as the upper electrode layer that thickness becomes [two or more] thick.

[0040] Moreover, in this invention, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small by [said] making two or more depth die length of the height direction of the electrode layer of the lowest layer longer than the depth die length of the height direction of said multilayers among the electrode layers of a layer.

[0041] In addition, the electrode layer of said lowest layer electrically connected with said multilayers among the electrode layers of a layer [two or more] So that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element, and adjusts a direct-current-resistance value As for electrode layers other than the electrode layer of the lowest layer, it is desirable to use any one sort of Cr, Cu, small Au, and small Ta of specific resistance or two sorts or more as an ingredient, using any one sort of W, Ta, Rh, Ir, and Ru or two sorts or more as an ingredient.

[0042] The effective width of recording track is measured for example, by the full truck profile method. Hereafter, it explains, referring to drawing 27 about the full truck profile method.

[0043] Record the signal on the record medium with the recording track of the recording track width of face Ww broader than the component width of face of the magnetic sensing element R, a magnetic sensing element is made to scan crosswise [truck] (the direction of X) on a recording track, and the relation between the location of the recording track cross direction (the direction of X) of a magnetic sensing element and a playback output is measured. The measurement result is shown in the drawing 27 bottom.

[0044] When the playback wave of this measurement result is seen, near the center of a recording track, it turns out that a playback output becomes low as a playback output becomes high and it separates from the center of a recording track.

[0045] The intersection of the tangent and the X-axis in the point Pa that the playback output on a playback wave becomes 50% of maximum, and Point Pb is made into Point Pc and Point Pd, respectively. The difference of the distance A between Point Pc and Point Pd and the distance B between Point Pa and Point Pb (half-value width) serves as the effective width of recording track of a magnetic sensing element. Here, the unit of the X-axis is standardized so that it may become the half-value-width B= recording track width of face Ww.

[0046] The process at which the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention forms the multilayers which demonstrate a lower shielding layer, a lower gap layer, and a magneto-resistive effect on the (a) substrate, (b) The process which forms a resist layer on said multilayers, and the process which deletes the field which is not covered with said resist layer of the (c) aforementioned multilayers, (d) to the field which laps with said multilayers, and/or the both-sides field of said multilayers The process which forms the 1st electrode layer which consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in it from a predetermined include angle to the direction of a normal of said substrate, and removes the account resist layer of back to front, (e) The process which forms the resist layer for lift off in which the slitting section was formed on said multilayers and said 1st electrode layer, (f) The process which forms the 2nd electrode layer from a predetermined include angle on said 1st electrode layer to the direction of a normal of said substrate, (g) It is characterized by having the process which removes the resist layer for said lift off, the process which forms an up gap layer on the (h) aforementioned multilayers and the 2nd electrode layer, and the process which forms an up shielding layer on the (i) aforementioned up gap layer.

[0047] Said predetermined include angle in the process of the above (f) is set up more greatly than the predetermined include angle in the process of the above (d), and it is desirable in the process of the above (f) to make thickness of the 2nd electrode layer thicker than the thickness of said 1st electrode layer.

[0048] Moreover, it forms on the electrode layer of the maximum upper layer among the already formed two or more layers electrode layers from said multilayers, applying the resist layer for lift off by which (j) slitting section was formed between the process of the above (g), and the process of (h). Still more nearly another electrode layer may be formed from a predetermined membrane formation include angle to the direction of a normal of said substrate on the electrode layer of said maximum upper layer, and the process which removes the account resist layer of back to front may be performed once or more.

[0049] In addition, in the process of the above (j), it is desirable to make the membrane formation include angle when forming said another electrode layer larger than the membrane formation include angle when forming the lower layer electrode layer of said another electrode layer, and to make thickness of said another electrode layer thicker than the thickness of the lower layer electrode layer of said another electrode layer.

[0050] Moreover, it sets between the process of the above (f), and the process of the above (g) between the process of the above (g), and the process of the above (h), or between the process of the above (j), and the process of the above (h) (k). It is desirable to have the process which forms a wrap insulating layer for the top face of all electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer.

[0051] To moreover, the field which laps with the part on the electrode layer of the lowest layer between the process of the above (h), and the process of the above (i) among the (l) aforementioned multilayers and the electrode layer formed two or more layers It is desirable to have the process which carries out the laminating of the resist layer for lift off in which the slitting section was formed, and forms a wrap insulating layer for all the fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer from across on said up gap layer to said substrate.

[0052] Since a wrap insulating layer is formed in all the fields on electrode layers other than the electrode layer of said lowest layer, the magnetic sensing element formed by the manufacture approach of a magnetic sensing element of having the process of the above (k) and/or the process of the above (l) can prevent more certainly the electric short circuit between said up shielding layers and said electrode layers in the part which influences neither the effective width of recording track nor playback pulse width (PW50).

[0053] In this invention, after the process of the above (c), after forming a hard bias layer on both sides of said multilayers, you may have the process which forms said 1st electrode layer according to the process of the above (d).

[0054] Moreover, in the process of the above (d), it is desirable to form the depth die length of the height direction of said 1st electrode layer for a long time than the depth die length of the height direction of said multilayers.

[0055] Moreover, in the process of the above (d), it is desirable to make the ingredient of said 1st electrode layer into any one sort of W, Ta, Rh, Ir, and Ru or two sorts or more, and to make the ingredient of electrode layers other than said 1st electrode layer into any one sort of Cr, Cu, Au, and Ta or two sorts or more in the process of the above (f) and (j).

[0056] In the manufacture approach of the magnetic sensing element of above-mentioned this invention In addition, the inside of said two or more layers electrode layer, It is the field which laps only with the electrode layer of the lowest layer, or said field which laps only with the electrode layer of the lowest layer among the electrode layers of a layer, and can set to the field which does not lap with said insulating layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer and said lower shielding layer with the center of Gls and said multilayers, and said lower shielding layer is set to Glc It is desirable to set the value of said difference of Gls and Glc below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0057] Or the range which fulfills said Gls and said value of Glc for $Glc - 20 \text{ nm} \leq Gls \leq Glc + 90 \text{ nm}$, or said Gls and said value of Glc may be set as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$.

[0058] In the range mentioned above, it is good also as $Gls < Glc$ also as $Gls = Glc$ also considering said Gls and said value of Glc as $Gls > Glc$.

[0059]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 1st of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0060] In drawing 1, the multilayers T to which the laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferry free mold which consists of the substrate layer 33, the antiferromagnetism layer 34, fixed magnetic layer 35 of ** 1st a, nonmagnetic middle class 35b, the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferry PINDO mold which consists of the 2nd fixed magnetic layer 35c, the non-magnetic material layer 36, free magnetic layer 37 of ** 2nd a, nonmagnetic middle class 37b, and 1st free magnetic layer 37c, and the protective layer 38 was carried out are formed.

[0061] The lower shielding layer 31 and the lower gap layer 32 are formed on the substrate (not shown) by the lower layer of Multilayers T through the substrate layer (not shown) which consists of insulating ingredients, such as an alumina.

[0062] The antiferromagnetism layer 34 in Multilayers T is extended in the direction of illustration X, and the bias substrate layer 39 is formed of Cr, Ti, Mo, W50Mo50, etc. in contact with the top face of this extension section 34b, the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a. On the bias substrate layer 39, the hard bias layer 40 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0063] On the hard bias layer 40, the 1st electrode layers 42 and 42 which the interlayer 41 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and were formed on this interlayer 41 by any one sort of Cr, Au, Ta, W, Rh, Ir, and Ru or two etc. sorts or more are formed.

[0064] The 1st electrode layers 42 and 42 consist of an electrode of the pair which opened the predetermined spacing Sp1 crosswise [truck], and was formed in the both-sides field of Multilayers T. The laminating of the 1st electrode layer 42 and the 2nd electrode layers 43 and 43 formed by Cr, Au, Cu, Ta, etc. on 42 is carried out. As for the 2nd electrode layers 43 and 43, spacing Sp2 of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged from the 1st electrode layers 42 and 42.

[0065] The up gap layer 44 is formed by the front face of Multilayers T, the front face of the 1st electrode layers 42 and 42, and the front face of the 2nd electrode layers 43 and 43, and the up shielding 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material. Or the INDAKU tape head for record may be formed on the up shielding layer 45.

[0066] The lower shielding layer 31, the lower gap layer 32, the substrate layer 33, the antiferromagnetism layer 34, the fixed magnetic layer 35, the non-magnetic material layer 36, the free magnetic layer 37, a protective layer 38, the bias substrate layer 39, the hard bias layer 40, an interlayer

41, the 1st electrode layer 42, the 2nd electrode layer 43, the up gap layer 44, the up shielding layer 45, and a protective layer 46 are formed of thin film formation processes, such as a sputter and vacuum deposition.

[0067] The lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45 are formed using magnetic materials, such as NiFe. In addition, as for the lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45, it is desirable that the easy axis has turned to the truck cross direction (the direction of illustration X). The lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45 may be formed by electrolysis plating.

[0068] The lower gap layer 32, the up gap layer 44, and a protective layer 46 are formed using nonmagnetic inorganic materials, such as aluminum 2O3 and SiO2.

[0069] The substrate layer 33 is formed using Ta etc. The antiferromagnetism layer 34 is a PtMn alloy or a X-Mn (however, X is one-sort [any] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe) alloy, or is formed with a Pt-Mn-X' (however, X' is any 1 or two or more sorts of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, nickel, Ar, Ne, Xe, and Kr) alloy.

[0070] In the condition immediately after membrane formation, although these alloys are the face centered cubic structures (fcc) of an irregular system, they carry out a structure transformation by heat treatment at the face-centered square structure (fct) of a CuAuI type rule mold.

[0071] The thickness of the antiferromagnetism layer 34 is 80-300Å, for example, 200Å, in near the core of the truck cross direction.

[0072] In the alloy shown here by said PtMn alloy for forming the antiferromagnetism layer 34, and the formula of said X-Mn, it is desirable that the range of Pt or X is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by said PtMn alloy and the formula of said X-Mn, it is more desirable that the range of Pt or X is 47 - 57at%. Unless it specifies especially, the upper limit and minimum of the numerical range shown by - mean the above hereafter.

[0073] Moreover, in the alloy shown by the formula of Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X'+Pt is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is more desirable that the range of X'+Pt is 47 - 57at%. Furthermore, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X' is 0.2 - 10at%. However, when X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe, as for X', it is desirable that it is the range of 0.2 - 40at%.

[0074] The antiferromagnetism layer 34 which generates a big switched connection field can be obtained by using these alloys and heat-treating this. Especially, if it is a PtMn alloy, it has 48 or more kA/m, for example, the switched connection field which exceeds m in 64kA /, and the blocking temperature which loses said switched connection field can obtain 380 degrees C and the outstanding, very high antiferromagnetism layer 34.

[0075] As for 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c, it is desirable for it to be formed with a ferromagnetic ingredient, and to be formed with a NiFe alloy, Co, a CoFeNi alloy, a CoFe alloy, a CoNi alloy, etc., for example, to be formed especially of a CoFe alloy or Co. Moreover, as for 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c, being formed with the same ingredient is desirable.

[0076] Moreover, nonmagnetic interlayer 35b is formed of a non-magnetic material, and is formed among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu with one sort or these two sorts or more of alloys. Being formed especially of Ru is desirable.

[0077] The non-magnetic material layer 36 is a layer in which magnetic association with the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37 is prevented, and a sense current mainly flows, and it is desirable to be formed of the non-magnetic material which has conductivity, such as Cu, Cr, Au, and Ag. Being formed especially of Cu is desirable.

[0078] the -- the [1 free magnetic layer 37c and] -- as for 2 free magnetic layer 37a, it is desirable for it to be formed with a ferromagnetic ingredient, and to be formed with a NiFe alloy, Co, a CoFeNi alloy, a CoFe alloy, a CoNi alloy, etc., for example, to be especially formed with a NiFe alloy or a CoFe alloy, and a CoFeNi alloy.

[0079] Nonmagnetic interlayer 37b is formed of a non-magnetic material, and is formed among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu with one sort or these two sorts or more of alloys. Being formed especially of Ru is

desirable.

[0080] A protective layer 38 is formed using Ta etc. If a substrate layer is formed using Cr, Ti, Mo, W50Mo50, etc. whose crystal structure is bcc (body-centered cubic lattice) structure about the bias substrate layer 39, the coercive force and the remanence ratio of the hard bias layer 40 will become large, and can enlarge a bias field.

[0081] The multilayers T of the hard bias layer 40 and side-face 40a of the side which counters have countered only with the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, and the side face of 1st free magnetic layer 37c has not countered.

[0082] The hard bias layer 40 is magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and magnetization of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from the hard bias layer 40.

[0083] The free magnetic layer 37 is in the ferrimagnetism condition that the laminating of 2nd free magnetic layer 37a and 1st free magnetic layer 37c from which the magnitude of the magnetic moment differs is carried out through nonmagnetic interlayer 37b, and the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a and 1st free magnetic layer 37c serves as anti-parallel. this time -- the one where the magnetic moment is larger, the [for example,], -- the direction of the field which the magnetization direction of 2 free magnetic layer 37a generates from the hard bias layer 40 -- suitable -- the -- an opposite direction will be turned to the magnetization direction of 1 free magnetic layer 37c 180 degrees

[0084] the -- the [2 free magnetic layer 37a and] -- if the magnetization direction of 1 free magnetic layer 37c will be in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, effectiveness equivalent to making thickness of the free magnetic layer 37 thin will be acquired, the effectual magnetic moment per unit area will become small, it will become easy to change magnetization of the free magnetic layer 37, and the field detection sensitivity of a magnetic sensing element will improve.

[0085] The direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of 1st free magnetic layer 37c and the magnetic moment of 2nd free magnetic layer 37a turns into the magnetization direction of the free magnetic layer 37.

[0086] However, it is only the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a which is contributed to an output by relation with the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35.

[0087] The hard bias layer 40 should just arrange one magnetization direction among 2nd free magnetic layer 37a which constitutes the free magnetic layer 37, and 1st free magnetic layer 37c. In drawing 1, only the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged. If the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the fixed direction, 1st free magnetic layer 37c will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0088] With the gestalt of this operation, the hard bias layer 40 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 2nd free magnetic layer 37a. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 1st free magnetic layer 37c is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 40.

[0089] Moreover, in drawing 1, that to which the laminating of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c from which the magnetic moment differs was carried out through nonmagnetic interlayer 35b functions as one fixed magnetic layer 35.

[0090] By forming 1st fixed magnetic layer 35a in contact with the antiferromagnetism layer 34, and giving annealing in a magnetic field, the exchange anisotropy field by switched connection arises in the interface of 1st fixed magnetic layer 35a and the antiferromagnetism layer 34, and the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a is fixed in the direction of illustration Y. When the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a is fixed in the direction of illustration Y, the magnetization direction of 2nd fixed magnetic layer 35c which counters through nonmagnetic interlayer 35b is fixed in the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 35a, and the condition of

anti-parallel.

[0091] Thus, since 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c fix the magnetization direction of another side mutually and suit when the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c is in the ferrimagnetism condition used as anti-parallel, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35 is powerfully fixable in the fixed direction as a whole.

[0092] In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of 1st fixed magnetic layer 35a and the magnetic moment of 2nd fixed magnetic layer 35c turns into the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35.

[0093] In drawing 1, each magnetic moment is changed by forming 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c using the same ingredient, and changing each thickness further.

[0094] Moreover, the anti-field (dipole field) by fixed magnetization of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c is cancellable when static magnetic field association of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c negates each other mutually. Thereby, the contribution to the fluctuation magnetization of the free magnetic layer 37 from the anti-field (dipole field) by fixed magnetization of the fixed magnetic layer 35 can be decreased.

[0095] Therefore, it becomes easier to amend the direction of fluctuation magnetization of the free magnetic layer 37 towards desired, and it becomes possible to obtain the spin bulb mold thin film magnetic cell which was excellent in symmetry with small asymmetry.

[0096] Here, when asymmetry shows the asymmetric degree of a playback output wave and a playback output wave is given, asymmetry will become small if the wave is symmetrical. Therefore, the playback output wave will be excellent in symmetric property, so that asymmetry approaches 0.

[0097] Said asymmetry is set to 0 when the direction of magnetization of the free magnetic layer 37 and the direction of fixed magnetization of the fixed magnetic layer 35 lie at right angles. If asymmetry shifts greatly, reading of the information from media will become impossible correctly, and will cause an error. For this reason, the dependability of regenerative-signal processing will improve as a thing with said small asymmetry, and it becomes what was excellent as a spin bulb thin film magnetic cell.

[0098] Moreover, although the anti-field (dipole field) H_d by fixed magnetization of a fixed magnetic layer has uneven distribution that it is large and small in the center section, at the edge in the component height direction and single domain-ization in the free magnetic layer 37 may be barred. It can prevent that can set the dipole field H_d to $H_d=0$ mostly, and a magnetic domain wall is made in the free magnetic layer 37 by this, the ununiformity of magnetization occurs, and a Barkhausen noise etc. occurs by making the fixed magnetic layer 35 into the above-mentioned laminated structure.

[0099] If the middle class 41 who consists of Ta or Cr is formed between the 1st electrode layer 42 and the hard bias layer 40, thermal diffusion can be prevented and degradation of the magnetic properties of the hard bias layer 40 can be prevented.

[0100] In using Ta as the 1st electrode layer 42, it becomes easy to make the crystal structure of Ta by which a laminating is carried out to the upper layer of Cr by forming the interlayer 41 of Cr into the body-centered cubic structure of low resistance.

[0101] Moreover, when using Cr as the 1st electrode layer 42, by forming the interlayer 41 of Ta, Cr grows epitaxial and can reduce resistance.

[0102] The magnetic sensing element shown in drawing 1 is the so-called spin bulb mold MAG sensing element, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35 is fixed in the direction parallel to the direction of illustration Y proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 37 is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 35, and the leak field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0103] however, contributing to an electric resistance value change (output) directly -- the [the

magnetization direction of 2nd fixed magnetic layer 35c, and] -- it is the angular relation of the magnetization direction of 2 free magnetic layer 37a, and it is desirable to lie at right angles in the condition that the condition and signal field which the detection current is energizing [such angular relation] are not impressed.

[0104] With the gestalt of this operation, the 1st electrode layers 42 and 42 and the 2nd electrode layers 43 and 43 form the polar zone of two-layer structure. The 1st electrode layers 42 and 42 are electrode layers of the lowest layer in this invention.

[0105] With the gestalt of this operation, moreover, the inside of the 1st electrode layers 42 and 42 and the 2nd electrode layers 43 and 43, The distance between the up shielding layer 45 in the fields S and S which lap only with the 1st electrode layers 42 and 42 of the lowest layer, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, the value of said difference of Gls and Glc is set up so that it may become below the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers. Effective width-of-recording-track E-Tw was the width of recording track on the parenchyma of the magnetic sensing element measured by the full truck profile method, the micro truck profile method, etc. which were mentioned above, and generally, when optical width-of-recording-track O-Tw was set to 0.2 micrometers or less, there was an inclination used as $E-Tw > O-Tw$. In addition, the distance Glc between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is the so-called gap length.

[0106] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0107] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0108] Drawing 1 is said Gls mentioned above and said range of the value of Glc, and makes said Gls and said value of Glc $Gls > Glc$. That is, the top face of the 1st electrode layer 42 is more nearly up (the direction of illustration Y) than the front face of Multilayers T.

[0109] Since the 1st electrode layers 42 and 42 are adjoined and formed in the both sides of Multilayers T, the distance Gls between the up shielding layer 45 in the field S which laps only with the 1st electrode layers 42 and 42, and the lower shielding layer 31 will be called the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0110] If the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, it will pass along between the up shielding layer 45 and the lower shielding layers 31, the field from the record medium generated from the recording track of the both sides of the recording track for detection will become easy to invade into a magnetic sensing element, and effective width-of-recording-track E-Tw will become large. That is, it becomes easy to generate the cross talk between recording tracks.

[0111] If the value of said difference of Gls and Glc actually becomes large so that it may mention later, effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element will also become large.

[0112] With the gestalt of this operation, by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0113] However, if distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 is made small, it will be prepared in the both sides of Multilayers T, it will be necessary to make thin thickness of the 1st electrode layer 42 which supplies a direct current to Multilayers T, and, as a result, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element will become large.

[0114] With the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer monolayer [near the multilayers T], and thickness of the polar zone L which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer.

[0115] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0116] Moreover, [near the multilayers T], since the 1st electrode layer 42 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of Multilayers T and side-face 42a of the 1st electrode layer 42 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and the polar zone L can be more certainly prevented now.

[0117] In addition, the include angle theta 1 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 2nd electrode layer 43 make is smaller than the include angle theta 2 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 1st electrode layer 42 make. Moreover, the thickness t2 of the 2nd electrode layer 43 is thicker than the thickness t1 of the 1st electrode layer 42.

[0118] Drawing 2 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0119] That this magnetic sensing element differs from the magnetic sensing element of the gestalt of the 1st operation is only the point that the wrap insulating layers 50 and 50 are formed in the part on the 1st electrode layer 42 which is an electrode layer of the lowest layer, and 42, and all the fields on the 2nd electrode layer 43 and 43.

[0120] With the gestalt of this operation, since insulating layers 50 and 50 are formed, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and polar zone L and L can be prevented more certainly.

[0121] With the gestalt of this operation, the inside of the 1st electrode layers 42 and 42 and the 2nd electrode layers 43 and 43, Are the field which laps only with the 1st electrode layers 42 and 42, and the distance between the up shielding layer 45 in the field which does not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, it has set below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls. Effective width-of-recording-track E-Tw is the width of recording track on the parenchyma of the magnetic sensing element measured by the full truck profile method, the micro truck profile method, etc. which were mentioned above, and when optical width-of-recording-track O-Tw is generally set to 0.2 micrometers or less, there is an inclination used as $E-Tw > O-Tw$.

[0122] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0123] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0124] Also with the gestalt of this operation, by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0125] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer monolayer [near the multilayers T], and thickness of the polar zone L which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode

layer.

[0126] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0127] Moreover, [near the multilayers T], since the 1st electrode layer 42 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of Multilayers T and side-face 42a of the 1st electrode layer 42 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and the polar zone L can be more certainly prevented now.

[0128] Drawing 3 , drawing 4 , and drawing 5 are the sectional views which saw the 3rd of this invention, the 4th, and the magnetic sensing element of the gestalt of the 5th operation from the opposed face side with a record medium, respectively.

[0129] The difference between the magnetic sensing element of drawing 3 and the magnetic sensing element of drawing 2 is only the point of making said Gl_s and said value of Gl_c into Gl_s=Gl_c by drawing 3 to considering as Gl_s>Gl_c, in drawing 2 . That is, in drawing 3 , the height location (the location of the direction of illustration Y; location of a trailing side direction) of top-face 42b of the 1st electrode layer 42 and the front face T1 of Multilayers T which is the electrode layer of the lowest layer is equal.

[0130] The difference between the magnetic sensing element of drawing 4 and the magnetic sensing element of drawing 2 is only the point of making said Gl_s and said value of Gl_c into Gl_s<Gl_c by drawing 4 to considering as Gl_s>Gl_c, in drawing 2 . That is, in drawing 4 , there is top-face 42b of the 1st electrode layer 42 which is an electrode layer of the lowest layer more below (illustration Y opposite direction) than the front face T1 of Multilayers T.

[0131] The 1st electrode layers 42 and 42 in the magnetic sensing element of drawing 2 are not formed in the magnetic sensing element of drawing 5 . In the magnetic sensing element of drawing 5 , the hard bias layers 40 and 40 serve as the electrode layer of the lowest layer in this invention, and the laminating of the hard bias layer 40 and the 2nd electrode layers 43 and 43 formed by Cr, Au, Ta, W, Rh, Ir, Ru, Cu, etc. on 40 is carried out. As for the 2nd electrode layers 43 and 43, spacing of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged from the hard bias layers 40 and 40.

[0132] The up gap layer 44 is formed by the front face of Multilayers T, an interlayer's 41 front face, and the front face of the 2nd electrode layers 43 and 43. Furthermore, the wrap insulating layers 50 and 50 are formed in the part on the hard bias layer 40 which is an electrode layer of the lowest layer, and 40, and all the fields on the 2nd electrode layer 43 and 43. The up shielding layer 45 is formed on the up gap layer 44 and an insulating layer 50, and 50.

[0133] In addition, the hard bias layers 40 and 40 and the 2nd electrode layers 43 and 43 are polar zone L.

[0134] In addition, in the magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 5 from drawing 1 , ridge 34a is formed in the central part of the antiferromagnetism layer 34, and the extension sections 34b and 34b prolonged for a long time are formed crosswise [truck] from the end face of the both-sides end face in the truck cross direction (the direction of illustration X) of ridge 34a.

[0135] Extension section 34b is formed in the antiferromagnetism layer 34, it has sufficient volume for the both-sides end face of the free magnetic layer 37, and said hard bias layers 40 and 40 can be made to counter on this extension section 34b with the structure which carries out the laminating of the hard bias layers 40 and 40 through the bias substrate layers 39 and 39.

[0136] However, as shown in drawing 6 , extension section 34b does not need to be formed in the antiferromagnetism layer 34. Moreover, in drawing 6 , it is good also as structure where the substrate layer 33 is formed only in contact with the inferior surface of tongue of the antiferromagnetism layer 34, and the bias substrate layer 39 touches the lower gap layer 32 directly.

[0137] Moreover, in the magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 6 from drawing 1 , side-face 40a by the side of the multilayers T of the hard bias layer 40 and opposite has countered only with the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic

material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, and the side face of 1st free magnetic layer 37c has not countered. However, as shown in drawing 7, side-face 40a of the hard bias layer 40 may counter with the side face of the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, 2nd free magnetic layer 37a, nonmagnetic interlayer 37b, and 1st free magnetic layer 37c.

[0138] Drawing 8 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 8th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0139] The magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 8 differs from the magnetic sensing element of the gestalt of operation of drawing 2 in that the 1st electrode layer 42 is extended and formed even on the insensible fields d and d of Multilayers T.

[0140] Magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from the hard bias layers 40 and 40.

[0141] By the way, as shown in drawing 8, the field located in the center of Multilayers T is the sensibility field E, and the both sides are insensible fields d and d.

[0142] In the sensibility field E, magnetization of the fixed magnetic layer 35 is fixed to an illustration Z direction proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 37 is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 35, and the leak field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0143] That is, the sensibility field E of Multilayers T is a part in which a magneto-resistive effect is demonstrated substantially, and a regenerative function commits it good in this part.

[0144] On the other hand, in the insensible fields d and d located in the both sides of the sensibility field E, magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37 is strongly influenced [of magnetization] from the hard bias layers 40 and 40, and magnetization of the free magnetic layer 37 has stopped being able to change easily to the external magnetic field. That is, insensible fields d and d have a weak magneto-resistive effect, and are fields to which the regenerative function fell.

[0145] In drawing 8, the 1st electrode layer 42 is extended and formed even on the insensible fields d and d of Multilayers T. The sense current from polar zone L and L stops easily being able to flow in the hard bias layers 40 and 40 by this. By being able to make [many] the rate of passing said sense current to the direct multilayers T, without minding the hard bias layers 40 and 40, and moreover extending and forming the 1st electrode layers 42 and 42 even on insensible fields d and d Since the plane-of-composition product of Multilayers T and the 1st electrode layers 42 and 42 also becomes large, a direct-current-resistance value (DCR) can be lowered, and it is possible to raise reproducing characteristics.

[0146] Moreover, if the 1st electrode layers 42 and 42 are extended and formed on insensible fields d and d, it can suppress a sense current flowing into insensible fields d and d, and generating a noise.

[0147] Drawing 9 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 9th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0148] In the magnetic sensing element shown in drawing 9, the bias substrate layers 39 and 39 are formed only on extension section 34b of the antiferromagnetism layer 34. Therefore, as for the hard bias layers 40 and 40, the side faces 40a and 40a by the side of Multilayers T are directly in contact with the side face of 2nd free magnetic layer 37a. Then, the hard bias layers 40 and 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0149] If it is not formed on the side face of 2nd free magnetic layer 37a and 1st free magnetic layer 37c even when the bias substrate layers 39 and 39 are formed on the side face of Multilayers T, the side face of the hard bias layers 40 and 40 and 2nd free magnetic layer 37a is contacted directly.

[0150] or even when the bias substrate layers 39 and 39 are formed between the hard bias layers 40 and

40 and 2nd free magnetic layer 37a If the thickness of the hard bias layers 40 and 40 and the bias substrate layers 39 and 39 between 2nd free magnetic layer 37a is 1nm or less Through the pinhole produced in the bias substrate layers 39 and 39, the hard bias layers 40 and 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0151] Also by drawing 3 thru/or the magnetic sensing element of drawing 9 , the electrode layer (the 1st electrode layers 42 and 42 or hard bias layers 40 and 40) of the lowest layer, It is the field which laps only with the electrode layer of the lowest layer among the 2nd electrode layers 43 and 43. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, it has set below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls. With effective width-of-recording-track E-Tw, it measures by the full truck profile method and the micro truck profile method which were mentioned above.

[0152] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0153] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0154] Also with the gestalt of operation shown in drawing 3 thru/or drawing 9 , by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0155] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer or a hard bias layer monolayer [near the multilayers T], and thickness of the polar zone L which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer or a hard bias layer.

[0156] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0157] With the gestalt of operation of drawing 1 thru/or drawing 9 , the free magnetic layer 37 is single-domain-ized using the hard bias layers 40 and 40 which consist of a ferromagnetic high ingredient of the capacity to arrange the magnetization direction of the free magnetic layer 37 in the fixed direction.

[0158] Generally, if a hard bias layer is used, the level difference which must stop having to form said polar zone in the location which laps with this hard bias layer, and is formed of the front face of said multilayers and the side face of said polar zone will become high, and an up gap layer will become that it is hard to be formed certainly.

[0159] In this invention, since the polar zone L can be formed thinly [near the multilayers T], the level difference D formed of the front face of Multilayers T and the side face of the polar zone L can be made low, and the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 44 and the polar zone L can be more certainly prevented now. In addition, even if it does not necessarily make said Gls and said value of Glc below into the above-mentioned predetermined value, the effectiveness that the electric short circuit between the up shielding layer 44 and the polar zone L can be prevented more certainly is acquired.

[0160] Drawing 10 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 10th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0161] The magnetic sensing element shown in drawing 10 is made reverse in the sequence of the laminating of the multilayers T of the magnetic sensing element which multilayers T2 show to drawing 1 thru/or drawing 9. that is, -- drawing 10 -- the substrate layer 33 top -- the -- the [1 free magnetic layer 37c, nonmagnetic middle class 37b, and] -- the laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferry free mold which consists of 2 free magnetic layer 37a, the non-magnetic material layer 36, fixed magnetic layer 35 of ** 2nd c, nonmagnetic middle class 35b, the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferry PINDO mold which consists of the 1st fixed magnetic layer 35a, the antiferromagnetism layer 34, and the protective layer 38 is carried out continuously.

[0162] In this example, 1st free magnetic layer 37c of multilayers T2 is caudad formed rather than the antiferromagnetism layer 34, and adjoins the thick part of the thickness of the hard bias layers 61 and 61, therefore magnetization of the free magnetic layer 37 is easily arranged in the direction of X. Thereby, generating of a Barkhausen noise can be reduced.

[0163] In contact with the top face of the substrate layer 33, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, the bias substrate layer 60 is formed of Cr etc. On the bias substrate layer 60, the hard bias layer 61 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0164] On the hard bias layer 61, the 1st electrode layers 63 and 63 which the interlayer 62 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and were formed by Cr, Au, Ta, W, Rh, Ir, Ru, Cu, etc. on this interlayer 62 are formed.

[0165] The 1st electrode layers 63 and 63 consist of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the both-sides field of multilayers T2. The laminating of the 1st electrode layer 63 and the 2nd electrode layers 64 and 64 formed by Cr, Au, Ta, Cu, Rh, Ir, Ru, W, etc. on 63 is carried out. As for the 2nd electrode layers 64 and 64, spacing of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged from the 1st electrode layers 63 and 63.

[0166] The up gap layer 44 is formed by the front face of multilayers T2, the front face of the 1st electrode layers 63 and 63, and the front face of the 2nd electrode layers 64 and 64, and the up shielding layer 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material.

[0167] The hard bias layer 61 should just arrange one magnetization direction among 2nd free magnetic layer 37a which constitutes the free magnetic layer 37, and 1st free magnetic layer 37c. In drawing 10, side-face 61a of the hard bias layer 61 has countered only the side face of 1st free magnetic layer 37c, and has arranged only the magnetization direction of 1st free magnetic layer 37c. If the magnetization direction of 1st free magnetic layer 37c is arranged in the fixed direction, 2nd free magnetic layer 37a will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0168] With the gestalt of this operation, the hard bias layer 61 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 1st free magnetic layer 37c. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 2nd free magnetic layer 37a is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 61.

[0169] Also by the magnetic sensing element of drawing 10, the electrode layer (the 1st electrode layers 63 and 63) of the lowest layer, It is the field which laps only with the electrode layer of the lowest layer among the 2nd electrode layers 64 and 64. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of multilayers T2, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, it has set below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls. With effective width-of-recording-track E-Tw, it measures by the full truck profile method or the micro truck profile method mentioned above.

[0170] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20$

$\text{nm} \leq \text{Gls} \leq \text{Glc} + 70 \text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $\text{Glc} - 20 \text{ nm} \leq \text{Gls} \leq \text{Glc} + 30 \text{ nm}$ still more preferably.

[0171] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills 0.67

$\leq \text{Gls}/\text{Glc} \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills 0.67

$\leq \text{Gls}/\text{Glc} \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq \text{Gls}/\text{Glc} \leq 1.50$ still more preferably.

[0172] Also with the gestalt of operation shown in drawing 10, by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of multilayers T2] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0173] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer or a hard bias layer monolayer in about multilayers T2, and thickness of the polar zone L which is separated from multilayers T2 is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer or a hard bias layer.

[0174] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of multilayers T2] 45, and the lower shielding layer 31.

[0175] Moreover, in about multilayers T2, since the 1st electrode layer 42 or the hard bias layer 40 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of multilayers T2 and side-face 42a of the 1st electrode layer 42 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and the polar zone L can be more certainly prevented now.

[0176] Drawing 11 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 11th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0177] This spin bulb mold thin film centers on the non-magnetic material layer 106. the -- up and down -- the -- the [the 1 free magnetic layer 105 and] -- the 2 free magnetic layer 107, the nonmagnetic conductive layer 104,108, the 1st fixed magnetic layer 103, the 3rd fixed magnetic layer 109, the non-magnetic material layer 102,110, the 2nd fixed magnetic layer 101, the 4th fixed magnetic layer 111, and the antiferromagnetism layer 100,112 were formed -- It is possible to obtain a playback output higher than the spin bulb mold thin film (called a single spin bulb mold thin film) which it is called the so-called dual spin bulb mold thin film, and is shown in drawing 1 thru/or drawing 10. In addition, the layer by which the layer currently formed in the bottom is formed most in the bottom in the substrate layer 33 is a protective layer 38, and multilayers T3 is constituted from a substrate layer 33 by the layered product to a protective layer 38.

[0178] In this invention, the antiferromagnetism layer 100,112 is formed with the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film. Or it replaces with said Pt-Mn alloy, and it is X-Mn (however, X is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or may be formed by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag).

[0179] the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- the 2 free magnetic layer 107, said 1st fixed magnetic layer 103, said 2nd fixed magnetic layer 101, said 3rd fixed magnetic layer 109, and said 4th fixed magnetic layer 111 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Co-Fe (cobalt-iron) alloy, the Co-Fe-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 104,108 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0180] From on the substrate layer 33, it applies to the side face of the 2nd fixed magnetic layer 101, the non-magnetic material layer 102, the 1st fixed magnetic layer 103, the nonmagnetic conductive layer 104, and the 1st free magnetic layer 105, the bias substrate layer 113,113 used as the buffer film and orientation film which were formed by Cr etc. is formed, and the bias field generated from the hard bias layer 114,114 later mentioned by formation of this bias substrate layer 113,113 can be increased.

[0181] Furthermore on the bias substrate layer 113,113, the hard bias layer 114,114 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0182] Moreover, on said hard bias layer 114,114, the 1st electrode layer 116,116 which the interlayer 115,115 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and was formed by Cr, Au, Ta, W, Rh, Ir, Ru, Cu, etc. on this interlayer 115,115 is formed.

[0183] The 1st electrode layer 116,116 consists of an electrode of the pair which opened predetermined spacing crosswise [truck] and was formed in the both-sides field of multilayers T3. The laminating of the 2nd electrode layer 117,117 formed by Cr, Au, Cu, Ta, Rh, Ir, Ru, W, etc. on the 1st electrode layer 116,116 is carried out. As for the 2nd electrode layer 117,117, spacing of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged from the 1st electrode layer 116,116 electrode layer.

[0184] The up gap layer 44 is formed by the front face of multilayers T3, the front face of the 1st electrode layer 116,116, and the front face of the 2nd electrode layer 117,117, and the up shielding layer 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material.

[0185] Moreover, in drawing 11 , that to which the laminating of said 1st fixed magnetic layer 103 from which the magnetic moment differs, and said 2nd fixed magnetic layer 101 was carried out through said non-magnetic material layer 102 functions as one fixed magnetic layer P1. Moreover, that to which the laminating of said 3rd fixed magnetic layer 109 from which the magnetic moment differs, and said 4th fixed magnetic layer 111 was carried out through said non-magnetic material layer 110 functions as one fixed magnetic layer P2.

[0186] The magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 is in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, and since said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 fix the magnetization direction of another side mutually and suit, it can stabilize the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1 in the fixed direction as a whole.

[0187] In drawing 11 , each magnetic moment is changed by forming said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 using the same ingredient, and changing each thickness further.

[0188] Moreover, it is in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, and the magnetization direction of said 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 also fixes the magnetization direction of another side mutually, and said its 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 suit.

[0189] In addition, said non-magnetic material layers 102 and 110 are formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu.

[0190] Said 2nd fixed magnetic layer 101 and the 4th fixed magnetic layer 111 are formed in contact with the antiferromagnetism layers 100 and 112, respectively, and the exchange anisotropy field by switched connection produces them by giving annealing in a magnetic field in an interface with said 4th fixed magnetic layer 111 and the antiferromagnetism layer 112 in an interface list with said 2nd fixed magnetic layer 101 and the antiferromagnetism layer 100.

[0191] The magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed to an illustration Z direction. When the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed in the direction of illustration Y, the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 103 which counters through said non-magnetic material layer 102 is fixed in the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101, and the condition of anti-parallel. In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 101 and the magnetic moment of said 1st fixed magnetic layer 103 turns into the magnetization direction of said fixed magnetic layer P1.

[0192] When the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed to an illustration Z direction, as for the magnetization direction of said 4th fixed magnetic layer 111, it is desirable to be fixed to an illustration Z direction and an anti-parallel direction. At this time, the magnetization direction of the 3rd fixed magnetic layer 109 which counters through said non-magnetic material layer 110 is fixed to the magnetization direction and the anti-parallel direction of said 4th fixed magnetic layer 111, i.e., a Z direction. In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 4th fixed magnetic layer 111 and the magnetic moment of said 3rd fixed magnetic layer

109 turns into the magnetization direction of said fixed magnetic layer P2.

[0193] the [then, / said] -- the [the 1 free magnetic layer 105, said non-magnetic material layer 106, and / said] -- the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 which counters through the 2 free magnetic layer 107, and said 3rd fixed magnetic layer 109 will be in an anti-parallel condition mutually different 180 degrees.

[0194] in drawing 11, it mentions later -- as -- the free magnetic layer F -- the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- the 2 free magnetic layer 107 forms as that by which the laminating was carried out through said non-magnetic material layer 106 -- having -- the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107 -- anti- -- it is in the ferrimagnetism condition which becomes parallel.

[0195] Said 1st free magnetic layer 105 and said 2nd free magnetic layer 107 change the magnetization direction in response to the effect of an external magnetic field, with a ferrimagnetism condition maintained. If the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 3rd fixed magnetic layer 109 is in an anti-parallel condition which is mutually different 180 degrees at this time, the phase of resistance change [magnetic layer / for a management / the resistance rate of change and the free magnetic layer F] of a lower layer part will become equal from the free magnetic layer F.

[0196] Furthermore, it is desirable that the magnetization direction of said fixed magnetic layer P1 and the magnetization direction of said fixed magnetic layer P2 are anti-parallel directions.

[0197] For example, the magnetization direction makes larger than the magnitude of the magnetic moment of said 1st fixed magnetic layer 103 magnitude of the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 101 currently fixed to the illustration Z direction, and makes the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1 an illustration Z direction. On the other hand, the magnetization direction makes smaller than the magnitude of the magnetic moment of said 4th fixed magnetic layer 111 magnitude of the magnetic moment of said 3rd fixed magnetic layer 109 currently fixed to the illustration Z direction, and makes the magnetization direction of the fixed magnetic layer P2 an illustration Z direction and an anti-parallel direction.

[0198] Then, the direction of the sense current field generated when a sense current is passed to the direction of illustration X and the opposite sense, the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer P2 are in agreement, and the ferrimagnetism condition of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 and the ferrimagnetism condition of said 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 are stabilized.

[0199] Moreover, said 1st free magnetic layer 105 and said 2nd free magnetic layer 107 are formed so that each magnetic moments may differ. here -- the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- forming the 2 free magnetic layer 107 using the same ingredient, and changing each thickness further -- the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- the magnetic moment of the 2 free magnetic layer 107 is changed.

[0200] Furthermore, the non-magnetic material layer 102,106,110 is formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu.

[0201] drawing 11 -- the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- that to which the laminating of the 2 free magnetic layer 107 was carried out through said non-magnetic material layer 106 functions as one free magnetic layer F.

[0202] the [said] -- the [the 1 free magnetic layer 105 and / said] -- the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107 -- anti- -- it is in the ferrimagnetism condition which becomes parallel, and effectiveness equivalent to making thickness of the free magnetic layer F thin obtains -- having -- the effectual magnetic moment per unit area of the whole free magnetic layer F -- small -- becoming -- magnetization -- changing -- being easy -- the field detection sensitivity of a magneto-resistive effect component improves.

[0203] The direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 1st free magnetic layer 105 and the magnetic moment of said 2nd free magnetic layer 107 turns into the magnetization direction of said free magnetic layer F.

[0204] Said hard bias layer 114,114 is magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and the magnetization direction of said free magnetic layer F has become in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from said hard bias layer 114,114.

[0205] In said sensibility field E, the magnetization direction of the fixed magnetic layers P1 and P2 is fixed to an illustration Z direction, or Z and an opposite direction proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer F is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layers P1 and P2 and the free magnetic layer F. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of said free magnetic layer F is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layers P1 and P2, and the leak field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change. however, contributing to an electric resistance value change (output) directly -- the [the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 103, and] -- the [the angular relation of the magnetization direction of the 1 free magnetic layer 105 and the magnetization direction of the 3rd fixed magnetic layer 109, and] -- it is the angular relation of the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107, and it is desirable to lie at right angles in the condition that the condition and signal field which the detection current is energizing [such angular relation] are not impressed.

[0206] The hard bias layer 114 should just arrange one magnetization direction among the 1st free magnetic layer 105 which constitutes the free magnetic layer F, and the 2nd free magnetic layer 107. In drawing 11 , only the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 107 is arranged. If the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 107 is arranged in the fixed direction, the 1st free magnetic layer 105 will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the whole free magnetic layer F will be arranged in the fixed direction.

[0207] With the gestalt of this operation, the 1st hardware bias layer 114 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to the 2nd free magnetic layer 107. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of the 1st free magnetic layer 105 is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 114.

[0208] Also by the magnetic sensing element of drawing 11 , the electrode layer (the 1st electrode layer 116,116) of the lowest layer, It is the field which laps only with the electrode layer of the lowest layer among the 2nd electrode layers 117,117. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of multilayers T3, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, it has set below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls. With effective width-of-recording-track E-Tw, it measures by the full truck profile method or the micro truck profile method mentioned above.

[0209] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0210] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0211] Also with the gestalt of operation shown in drawing 11 , by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of multilayers T3] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0212] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer or a hard bias layer monolayer [near multilayers T3], and thickness of the polar zone L which is separated from multilayers T3 is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer or a hard bias layer.

[0213] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of multilayers T3] 45, and the lower shielding layer 31.

[0214] Although the polar zone L was made into the laminating structure of a two-layer electrode layer in the magnetic sensing element shown in drawing 11 from drawing 1 , the polar zone L may be the laminating structure of a three or more-layer electrode layer.

[0215] Drawing 12 is the sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 12th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0216] The magnetic sensing element of drawing 12 differs from the magnetic sensing element of drawing 1 in that the polar zone L1 is the laminating structure of the three-layer electrode layers 42, 43, and 51.

[0217] Spacing of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged, and, as for the 2nd electrode layers 43 and 43, spacing of the truck cross direction of the electrode of a pair is enlarged by the 1st electrode layers 42 and 42 from the 2nd electrode layers 43 and 43, as for the 3rd electrode layers 51 and 51.

[0218] In the magnetic sensing element of drawing 12 , the electrode layer (the 1st electrode layers 42 and 42) of the lowest layer, It is the field which laps only with the electrode layer of the lowest layer among the 2nd electrode layers 43 and 43 and the 3rd electrode layers 51 and 51. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc, it has set below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls. Effective width-of-recording-track E-Tw is measured by the full truck profile method or the micro truck profile method mentioned above.

[0219] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$ still more preferably.

[0220] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0221] Also with the gestalt of operation shown in drawing 12 , by making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0222] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L1 is used as the thin 1st electrode layer monolayer [near the multilayers T], and thickness of the polar zone L1 which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layers 43 and 43 and the 3rd electrode layers 51 and 51 on the 1st electrode layer 42 and 42.

[0223] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0224] Moreover, [near the multilayers T], since the 1st electrode layer 42 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of Multilayers T and side-face 42a of the 1st electrode layer 42 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up

shielding layer 45 and the polar zone L can be more certainly prevented now.

[0225] In addition, the include angle which as parallel to said multilayers front face a flat surface as the upper electrode layer and the tangential plane of the front end edge of said electrode layer make becomes small, and, as for a two or more layers electrode layer, it is as desirable as the upper electrode layer that thickness becomes thick.

[0226] In addition, the free magnetic layer 37, F and the fixed magnetic layer 35, and P1 and P2 may be formed as the magnetic material layer or the two-layer magnetic material layers of a monolayer (CoFe/NiFe etc.).

[0227] Moreover, drawing 13 is the top view which looked at Multilayers T, the 1st electrode layers 42 and 42, and the 2nd electrode layers 43 and 43 of the magnetic sensing element shown in drawing 1 from the illustration upper part of drawing 1.

[0228] Since the depth die length Z1 of the height direction of the 1st electrode layers 42 and 42 which are electrode layers of the lowest layer among two or more layers electrode layers is made longer than the depth die length Z2 of the height direction of Multilayers T as shown in drawing 13, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small. [0229] In addition, the electrode layer (the 1st electrode layers 42 and 63, 117 or hard bias layer 40) of the lowest layer electrically connected with multilayers T and T2 or T3 in this invention So that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element, and adjusts a direct-current-resistance value It is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the ingredient of electrode layers other than the electrode layer of the lowest layer (the 2nd electrode layer, the 3rd electrode layer) using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta.

[0230] The manufacture approach of the magnetic sensing element shown in drawing 2 is explained. As first shown in drawing 14, the lower shielding layer 31 and the lower gap layer 32 are formed. The lower shielding layer 31 is formed using magnetic materials, such as NiFe, and forms the lower gap layer 32 using insulating ingredients, such as aluminum₂O₃ and SiO₂. The laminating of the lower shielding layer 31 is carried out on the substrate 30 through the substrate layer which consists of insulating ingredients, such as an alumina, and which is not illustrated.

[0231] Furthermore, the substrate layer 33 shown on the lower gap layer 32 at drawing 2, the antiferromagnetism layer 34, fixed magnetic layer 35 of ** 1st a, Nonmagnetic middle class 35b, the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferry PINDO mold which consists of the 2nd fixed magnetic layer 35c, the non-magnetic material layer 36, free magnetic layer 37 of ** 2nd a, The laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferry free mold which consists of nonmagnetic middle class 37b and 1st free magnetic layer 37c, and the protective layer 38 is carried out, and Multilayers T are formed.

[0232] In addition, instead of these multilayers T, you may be the multilayers T2 of the single spin bulb mold thin film shown in drawing 11, and multilayers T3 of the dual spin bulb mold thin film shown in drawing 12.

[0233] In addition, forming with a PtMn alloy is desirable, or it may form the antiferromagnetism layer which constitutes multilayers T and T2 or T3 by X-Mn (however, X is one-sort [any] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag). When forming with the quality of the material which mentioned said antiferromagnetism layer above, it is necessary to heat-treat to generate a switched connection field in an interface with a fixed magnetic layer.

[0234] Next, pattern formation of the resist layer R1 for wrap lift off is carried out for the field of optical width-of-recording-track O-Tw of the magnetic sensing element to form on Multilayers T.

[0235] As shown in drawing 14, it cuts deeply on the inferior surface of tongue, and section R1a and R1a are formed in the resist layer R1.

[0236] Next, at the process shown in drawing 15, the both sides of Multilayers T are deleted by etching. At this process, the antiferromagnetism layer 34 is formed in the direction of illustration X for a long time by controlling an etching rate and etching time and carrying out as [remain / do not shave off the side face of the antiferromagnetism layer 34, but]. In addition, if the side face of the antiferromagnetism

layer 34 is deleted completely, the magnetic sensing element shown in drawing 6 can be formed.

[0237] At the process furthermore shown in drawing 16, the bias substrate layers 39 and 39, the hard bias layers 40 and 40, and interlayers 41 and 41 are formed on both sides of Multilayers T. Preferably, the hard bias layers 40 and 40 used the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc., interlayers 41 and 41 used Ta, and the bias substrate layers 39 and 39 formed any Cr(s) [one or more sorts in Cr, Ti, Mo, or W50Mo50 of]. With the gestalt of this operation, membrane formation of the bias substrate layers 39 and 39, the hard bias layers 40 and 40, and the middle class 41 and 41 was performed using the ion beam spatter method for having an anisotropy.

[0238] The hard bias layers 40 and 40 are formed in the height location where the topmost part 40b and 40b of Multilayers T and side-face 40a of the side which counters laps with the top face 37a1 of 2nd free magnetic layer 37a with the gestalt of this operation. That is, membranes are formed to the side face of multilayers [of the hard bias layer 40] T, side-face 40a [of the side which counters], and 2nd free magnetic layer 37a, and the height location which counters, and the side face of 1st free magnetic layer 37c is formed so that it may not counter. However, you may make it side-face 40a of the hard bias layer 40 counter with the side face of the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, 2nd free magnetic layer 37a, nonmagnetic interlayer 37b, and 1st free magnetic layer 37c, as shown in drawing 7.

[0239] The hard bias layer 40 has arranged only the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a among 2nd free magnetic layer 37a which constitutes the free magnetic layer 37, and 1st free magnetic layer 37c. If the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the fixed direction, 1st free magnetic layer 37c will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0240] With the gestalt of this operation, the hard bias layer 40 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 2nd free magnetic layer 37a. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 1st free magnetic layer 37c is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 40.

[0241] Next, at the process shown in drawing 17, the 1st electrode layers 42 and 42 are formed from the predetermined include angle theta 3 on an interlayer 41 and 41 to the direction of a normal of substrate 30 front face. The 1st electrode layers 42 and 42 consist of an electrode of the pair which opened the predetermined spacing Sp1 crosswise [truck], and was formed in the both-sides field of Multilayers T.

[0242] Under the present circumstances, the 1st electrode layers 42 and 42 may be formed even in slitting section R1a formed in the inferior surface of tongue of the resist layer R1 in which it was prepared on Multilayers T, and R1a.

[0243] In addition, when forming the 1st electrode layers 42 and 42, as shown in drawing 13, it is desirable to form the depth die length Z1 of the height direction of the 1st electrode layers 42 and 42 for a long time than the depth die length Z2 of the height direction of Multilayers T.

[0244] And after lift off removes the resist layer R1, using resist exfoliation liquid, as it is shown in drawing 18, the resist layer R2 for lift off in which slitting section R2a and R2a were formed is formed on Multilayers T and the 1st electrode layer 42, and 42.

[0245] Next, the 2nd electrode layer 43 and 43 is formed from the predetermined include angle theta 4 on the 1st electrode layer 42 and 42 to the direction of a normal of substrate 30 front face. By using such a manufacture approach, spacing Sp2 of the truck cross direction of the electrode of the pair which constitutes the 2nd electrode layers 43 and 43 can be made larger than the spacing Sp1 of the truck cross direction of the electrode of the pair which constitutes the 1st electrode layer 42 and 42 electrode layers.

[0246] Under the present circumstances, the 2nd electrode layers 43 and 43 may be formed even in slitting section R2a formed in the inferior surface of tongue of the resist layer R2, and R2a.

[0247] When forming the 1st electrode layers 42 and 42 and the 2nd electrode layers 43 and 43 For example, leaning aslant the target formed by the presentation of the 1st electrode layers 42 and 42 or the 2nd electrode layers 43 and 43 to the substrate 30 with which Multilayers T were formed, and moving or

rotating said target on said substrate 30 The 1st electrode layers 42 and 42 or the 2nd electrode layers 43 and 43 are formed on an interlayer 41 and 41 by the sputter which combined the ion beam sputter method, the long slow sputter method, the collimation sputter method, or them.

[0248] Or said target may be fixed, and a substrate 30 side may be moved or rotated in the direction of slant to said target. Moreover, as shown in drawing 18, on the resist layer R2, layer 43A of the same presentation as the 2nd electrode layers 43 and 43 is formed.

[0249] In addition, it is desirable to make the membrane formation include angle theta 4 when forming the 2nd electrode layers 43 and 43 larger than the membrane formation include angle theta 3 when forming the electrode layer of the 1st electrode layers 42 and 42. By considering as the membrane formation include-angle theta4> membrane formation include angle theta 3, the include angle theta 1 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 2nd electrode layer 43 make can be made smaller than the include angle theta 2 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of 1st electrode layer 42** make.

[0250] If $\theta_1 < \theta_2$, supply of the current to Multilayers T can be stabilized from the 1st electrode layers 42 and 42 by which direct continuation is carried out to Multilayers T.

[0251] Moreover, in order to suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large and to make small the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element, it is desirable to make thickness t2 of the 2nd electrode layer 43 thicker than the thickness t1 of the 1st electrode layer 42.

[0252] Moreover, so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element for the 1st electrode layers 42 and 42 which are electrode layers of the lowest layer electrically connected with Multilayers T, and adjusts a direct-current-resistance value It is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the 2nd electrode layers 43 and 43 using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta.

[0253] And in Multilayers T, the 1st electrode layers 42 and 42, and the 2nd electrode layers 43 and 43, after lift off removes the resist layer R2, using resist exfoliation liquid, as shown in drawing 19, the up gap layer 44 is formed.

[0254] Furthermore, at the process shown in drawing 20, the laminating of the resist layer R3 for lift off by which the slitting section was formed in the 1st electrode layer 42 which is an electrode layer of Multilayers T and the lowest layer, and the field which laps with the part on 42 is carried out, and the part on the 1st electrode layer and the ** 2 electrode layer 43, and the insulating layers 50 and 50 that lap with all the fields on 43 are formed from across to a substrate 30.

[0255] After lift off removes the resist layer R3, using resist exfoliation liquid, as it is shown in drawing 21, the magnetic sensing element of drawing 2 is completed through the process which forms the up shielding layer 45 on the up gap layer 44, and forms a protective layer 46 on the up shielding layer 45.

[0256] In the manufacture approach of the above-mentioned magnetic sensing element In addition, the 1st electrode layers 42 and 42, It is the field which laps only with the 1st electrode layers 42 and 42 among the 2nd electrode layers 43 and 43. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with insulating layers 50 and 50, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc It is desirable to set up the thickness of each class which constitutes a magnetic sensing element so that it may become below the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls.

[0257] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Gls \leq Glc + 90 \text{ nm}$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Gls \leq Glc + 70 \text{ nm}$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills $Glc - 20 \text{ nm} \leq Gls \leq Glc + 30 \text{ nm}$ still more preferably.

[0258] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills 0.67

$\leq Gls/Glc \leq 2.50$. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills 0.67 $\leq Gls/Glc \leq 2.17$ more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills 0.67 $\leq Gls/Glc \leq 1.50$ still more preferably.

[0259] By making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0260] Moreover, also with the gestalt of this operation, the polar zone L is used as the thin 1st electrode layer monolayer [near the multilayers T], and thickness of the polar zone L which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer.

[0261] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [/ near the both sides of Multilayers T] 45, and the lower shielding layer 31.

[0262] Moreover, [near the multilayers T], since the 1st electrode layer 42 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of Multilayers T and side-face 42a of the 1st electrode layer 42 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and the polar zone L can be more certainly prevented now.

[0263] As mentioned above, although the manufacture approach of the magnetic sensing element shown in drawing 2 was explained, the magnetic sensing element shown in drawing 1 can be formed by omitting formation of insulating layers 50 and 50. Moreover, within limits which said Gls and said value of Glc mentioned above, if said Gls and said value of Glc are made into $Gls=Glc$, the magnetic sensing element of drawing 3 can be formed, and if $Gls < Glc$, the magnetic sensing element of drawing 4 can be formed.

[0264] Moreover, the magnetic sensing element of drawing 5 can be formed by not forming the 1st electrode layers 42 and 42, but carrying out the laminating of the 2nd electrode layers 43 and 43 directly on an interlayer 41 and 41.

[0265] So that the width method of the insensible fields d and d of Multilayers T may be beforehand measured using another magnetic sensing element using the micro truck profile method etc. and only these insensible field d and d top may be covered, when forming the magnetic sensing element of drawing 8 What is necessary is just to form the 1st electrode layers 42 and 42 even in the slitting circles of said resist layer, when forming the resist layer for lift off and forming the 1st electrode layers 42 and 42.

[0266] What is necessary is just to form the bias substrate layers 39 and 39 from [to the front face of a substrate 30] a normal, as shown in drawing 22 when forming the magnetic sensing element shown in drawing 9. For example, the target for carrying out spatter membrane formation of the bias substrate layers 39 and 39 is made to counter so that it may become parallel to a substrate 30, and the angular distribution of sputtered particles Sa forms by the narrow good approach (spatter which combined the ion beam spatter method, the long slow spatter method, the collimation spatter method, or them) of rectilinear-propagation nature. There are almost no sputtered particles deposited on the side face of Multilayers T by this, and membranes can be formed only on extension section 34b of the antiferromagnetism layer 34 in Multilayers T.

[0267] Furthermore, by forming membranes using the spatter of modality [layers / 40 and 40 / hard bias] or an anisotropy, as shown in drawing 9, the side faces 40a and 40a by the side of the multilayers T of the hard bias layers 40 and 40 can touch the side face of 2nd free magnetic layer 37a directly. Then, the hard bias layers 40 and 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0268] By setting up the location of edge R1b of the resist layer R1, and R1b, the angular distribution of sputtered particles Sa, and rectilinear-propagation nature The bias substrate layers 39 and 39 are made

not to be formed on the side face of Multilayers T at all, The bias substrate layers 39 and 39 are formed on the side face of Multilayers T in the range which is not formed on the side face of 2nd free magnetic layer 37a and 1st free magnetic layer 37c, It can become either among the bias substrate layers 39 and 39 being formed on the side face of Multilayers T so that the thickness of the hard bias layers 40 and 40 and the bias substrate layers 39 and 39 between 2nd free magnetic layer 37a may be set to 1nm or less. [0269] moreover, in order to form the polar zone L which consists of a three or more-layer electrode layer as shown in drawing 12 It forms on the electrode layer of the maximum upper layer among the already formed two or more layers electrode layers from Multilayers T, applying the resist layer for lift off in which the slitting section was formed. What is necessary is to form still more nearly another electrode layer from a predetermined membrane formation include angle to the direction of a normal of said substrate on the electrode layer of said maximum upper layer, and just to repeat the process which removes the account resist layer of back to front.

[0270] The resist layer which carries out the mask of the multilayers T in the process shown in drawing 17 from drawing 14 is used as the resist layer R1 for lift off which was formed by the two-layer resist method, the image reversing method, etc. and which cuts deeply and has section R1a and R1a.

[0271] However, in this invention, as shown in drawing 23, the mask of the wrap field may be carried out for the field of optical width-of-recording-track O-Tw of the magnetic sensing element to form using the resist layer R4 which does not have the slitting section. When forming optical width-of-recording-track O-Tw by the width method 0.2 micrometers or less, it is effective to form the resist layer R4 which does not have the slitting section using electron beam lithography etc.

[0272] After formation of the resist layer R4, as shown in drawing 24, the both sides of Multilayers T are deleted by etching.

[0273] At the process furthermore shown in drawing 25, the bias substrate layers 39 and 39, the hard bias layers 40 and 40, interlayers 41 and 41, and the 1st electrode layers 42 and 42 are formed on both sides of Multilayers T.

[0274] In this invention, the 1st electrode layers 42 and 42 can be formed thinly [near the multilayers T], and the height dimension t3 of the level difference D formed of the front face of Multilayers T and the side face of the 1st electrode layers 42 and 42 can be made low. Therefore, even if the resist layer R4 cuts deeply and it does not have the section, the resist layer R4 is certainly removable after membrane formation of the 1st electrode layers 42 and 42.

[0275] In addition, the laminating of the inductive head for record may be carried out to the magnetic sensing element of this invention, and the record playback compound-die magnetic head may be constituted.

[0276]

[Example] The surfacing type magnetic head is formed using the magnetic sensing element of the structure shown in drawing 1. The distance Glc between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of the multilayers T of a magnetic sensing element, and the lower shielding layer 31 is fixed. It is the field which laps only with the 1st electrode layers 42 and 42. Effective width-of-recording-track (effective read width) E-Tw when changing the distance Glc between the up shielding layer 45 in the fields S and S which do not lap with the 2nd electrode layers 43 and 43, and the lower shielding layer 31 was measured.

[0277] Measurement of effective width-of-recording-track E-Tw was performed using the full truck profile method explained previously (refer to the drawing 2727).

[0278] Glc of the magnetic sensing element used for measurement set [60nm and optical width-of-recording-track O-Tw] the magnetic flying height from 0.1 micrometers and a record medium to 18nm for 0.15 micrometers and the height direction die length Z2 of Multilayers T. Moreover, it investigated about two kinds when considering as the time of making the value of the residual magnetization x thickness of 40 of a hard bias layer, and 40 into 7.5 T-nm, and 21.7 T-nm of cases.

[0279] The graph which shows the relation between the value of said difference of Glc and Glc and effective width-of-recording-track E-Tw to drawing 26 is shown.

[0280] The graph of drawing 26 shows that effective width-of-recording-track E-Tw becomes small,

when said value of Gl_s becomes small.

[0281] When the value of the residual magnetization x thickness of 40 of a hard bias layer and 40 is made into 7.5 T-nm, in order to set effective width-of-recording-track E-Tw to 0.17 micrometers or less, the value of said difference of Gl_s and Gl_c is understood [90nm or less, then] are good. Furthermore, 70nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.167 micrometers or less by the value of said difference of Gl_s and Gl_c, and 30nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.165 micrometers or less by the value of said difference of Gl_s and Gl_c.

[0282] Moreover, when the value of the residual magnetization x thickness of 40 of a hard bias layer and 40 is made into 21.7 T-nm, 70nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.16 micrometers or less by the value of said difference of Gl_s and Gl_c, and 30nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.157 micrometers or less by the value of said difference of Gl_s and Gl_c.

[0283] In addition, in order to form the hard bias layers 40 and 40 of sufficient thickness, being referred to as Gl_s-Gl_c ≥ -20nm is desirable.

[0284] We decided to make said Gl_s and said value of Gl_c desirable [setting it as the range which fills Gl_c-20 nm ≤ Gl_s ≤ Gl_c+90nm] in this invention, and to set it as the range which fills Gl_c-20 nm ≤ Gl_s ≤ Gl_c+70nm more preferably from these results, and to set it as the range which fills Gl_c-20 nm ≤ Gl_s ≤ Gl_c+30nm still more preferably.

[0285] Moreover, we presupposed that it is desirable to set said Gl_s and said value of Gl_c as the range which fills $0.67 \leq \text{Gl}_s/\text{Gl}_c \leq 2.50$ from that said Gl_c is 60nm, and the above-mentioned above Gl_s and the range of said desirable value of Gl_c, and decided more preferably to set it as the range which fills $0.67 \leq \text{Gl}_s/\text{Gl}_c \leq 2.17$, and to set it as the range which fills $0.67 \leq \text{Gl}_s/\text{Gl}_c \leq 1.50$ still more preferably.

[0286]

[Effect of the Invention] According to this invention explained to the detail above, by making the value of said difference of Gl_s and Gl_c below into a predetermined value, distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers] and said lower shielding layer can be made small, and the effective width of recording track can be made small.

[0287] Moreover, in this invention, two or more layer laminating of the electrode layer which consists of an electrode of the pair opened and formed is carried out [spacing / predetermined to the truck cross direction] in said polar zone. The upper electrode layer in the place which formed said polar zone thinly [near / said / the multilayers], and is distant from said multilayers by having enlarged spacing of the truck cross direction of the electrode of said pair Thickness of said polar zone is enlarged by carrying out two or more layer laminating of said electrode layer.

[0288] Consequently, it can suppress that the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element becomes large, making small distance between said up shielding layer [/ near the both sides of said multilayers], and said lower shielding layer.

[0289] Moreover, in this invention, since said polar zone can be formed thinly [near / said / the multilayers], the level difference formed of the front face of said multilayers and the side face of said polar zone can be made low. Therefore, even if it makes thickness of said up gap layer small, said up gap layer can be certainly formed on this level difference. Namely, the electric short circuit between said up shielding layers and said electrode layers can be more certainly prevented now.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 1st of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 2] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 3] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 3rd of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 4] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 4th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 5] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 5th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 6] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 6th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 7] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 7th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 8] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 8th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 9] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 9th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 10] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 10th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 11] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 11th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 12] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 12th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 13] The top view which looked at Multilayers T, the 1st electrode layers 42 and 42, and the 2nd electrode layers 43 and 43 of the magnetic sensing element shown in drawing 1 from the illustration upper part of drawing 1 ,
- [Drawing 14] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 15] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 16] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 17] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 18] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 19] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 20] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 21] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 22] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 23] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 24] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 25] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 26] The graph which shows the relation between the value of said difference of G_I s and G_{Ic} , and the effective width of recording track,

[Drawing 27] The graph for explaining the full truck profile method,

[Drawing 28] The sectional view which looked at the conventional magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium,

[Description of Notations]

31 Lower Shielding Layer

32 Lower Gap Layer

33 Substrate Layer

34 Antiferromagnetism Layer

35 Fixed Magnetic Layer

35a The 1st fixed magnetic layer

35b Nonmagnetic interlayer

35c The 2nd fixed magnetic layer

36 Non-magnetic Material Layer

37 Free Magnetic Layer

37a The 2nd free magnetic layer

37b Nonmagnetic interlayer

37c The 1st free magnetic layer

38 Protective Layer

39 Bias Substrate Layer

40 Hard Bias Layer

41 Interlayer

42 1st Electrode Layer

43 2nd Electrode Layer

44 Up Gap Layer

45 Up Shielding Layer

46 Protective Layer

T Multilayers

[Translation done.]

* NOTICES *

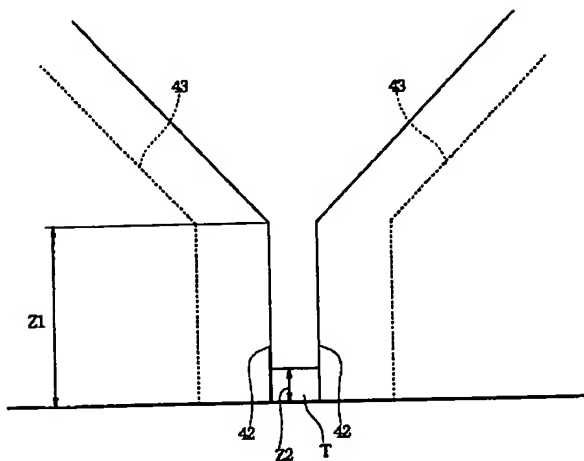
JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

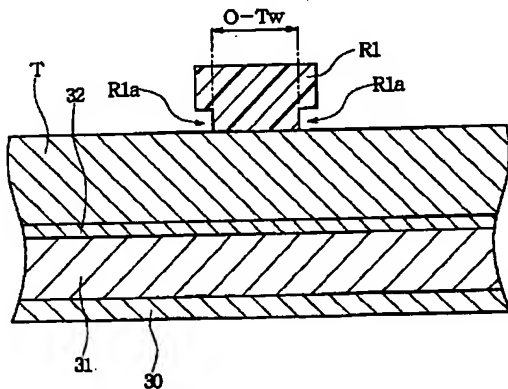
[Drawing 13]

図 13



[Drawing 14]

図 14



[Drawing 1]

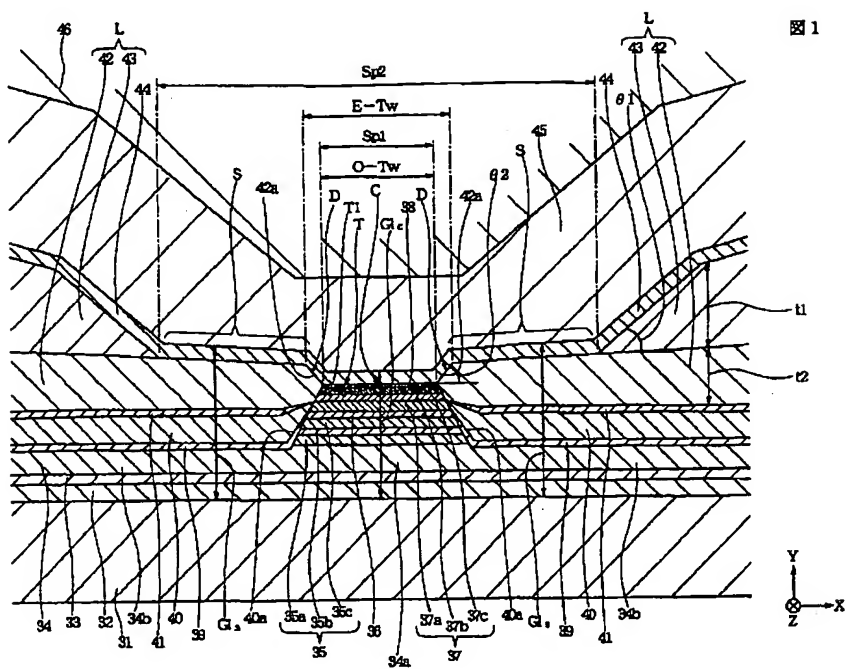


図 1

[Drawing 2]

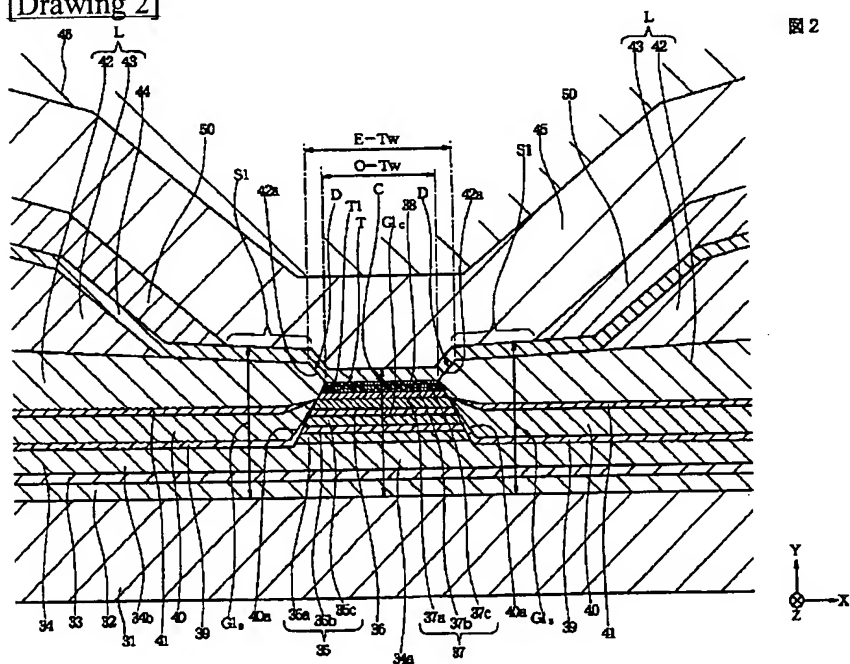
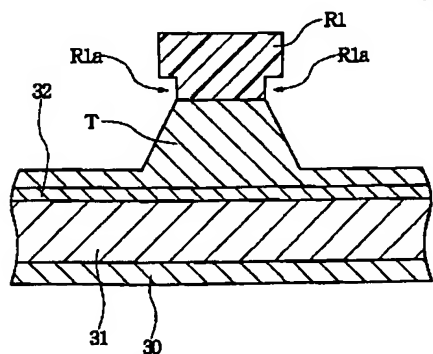


図 2

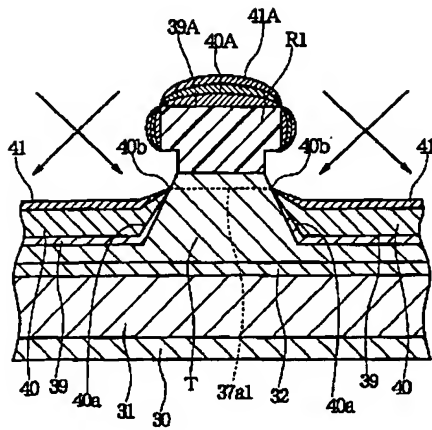
[Drawing 15]

図 15



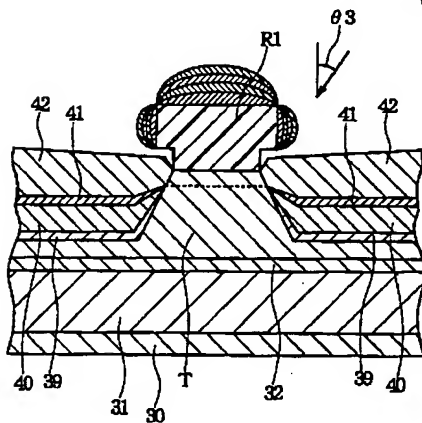
[Drawing 16]

図 16



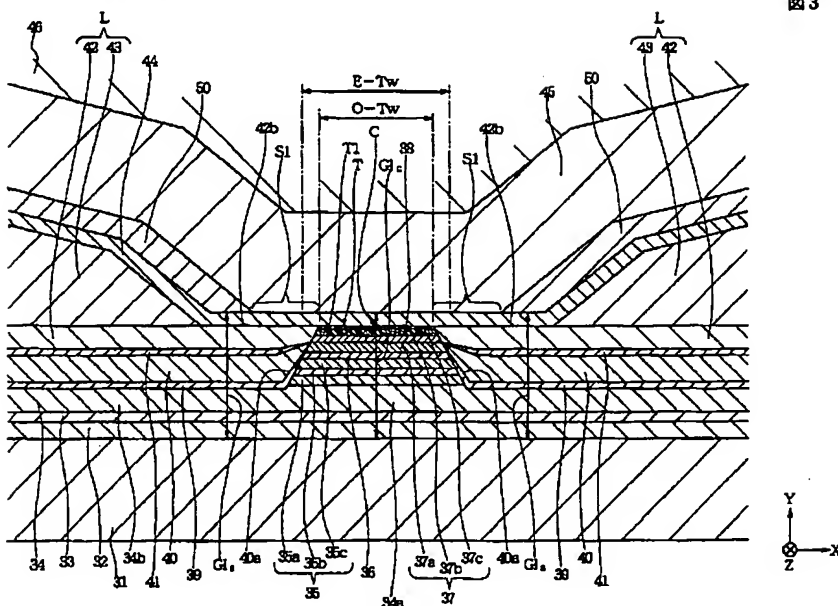
[Drawing 17]

図 17



[Drawing 3]

図 3



[Drawing 4]

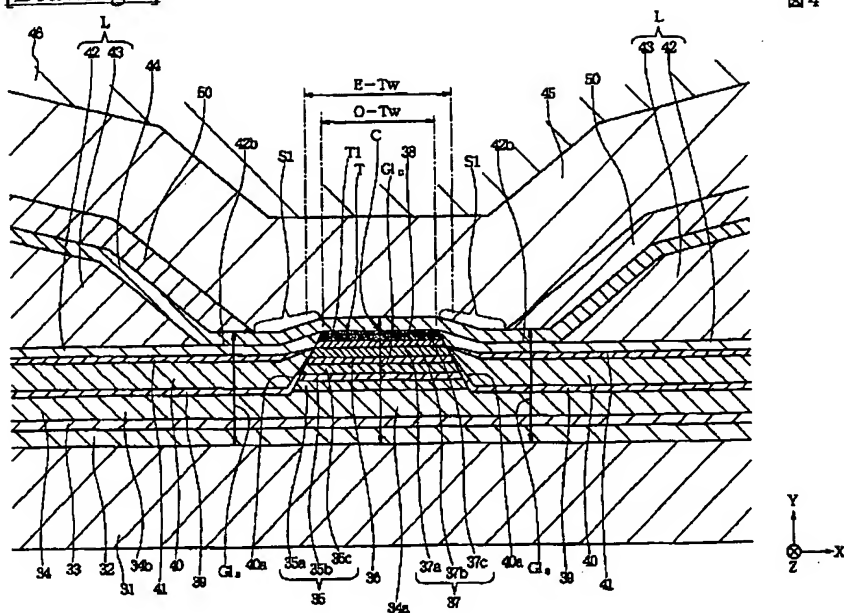


图 4

[Drawing 22]

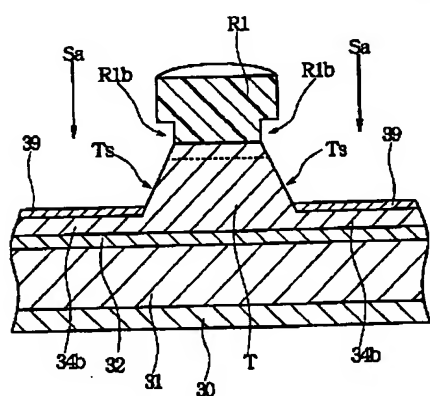


图 22

[Drawing 24]

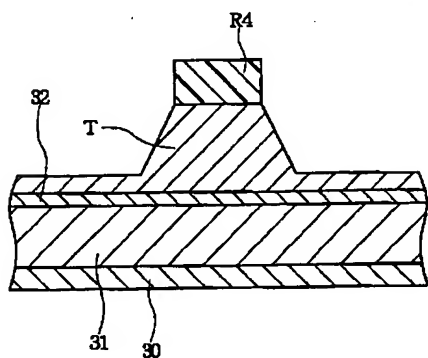


图 24

[Drawing 5]



<http://www.indlncini.org/in/cor-hin/tranweb/cgi/eiie>

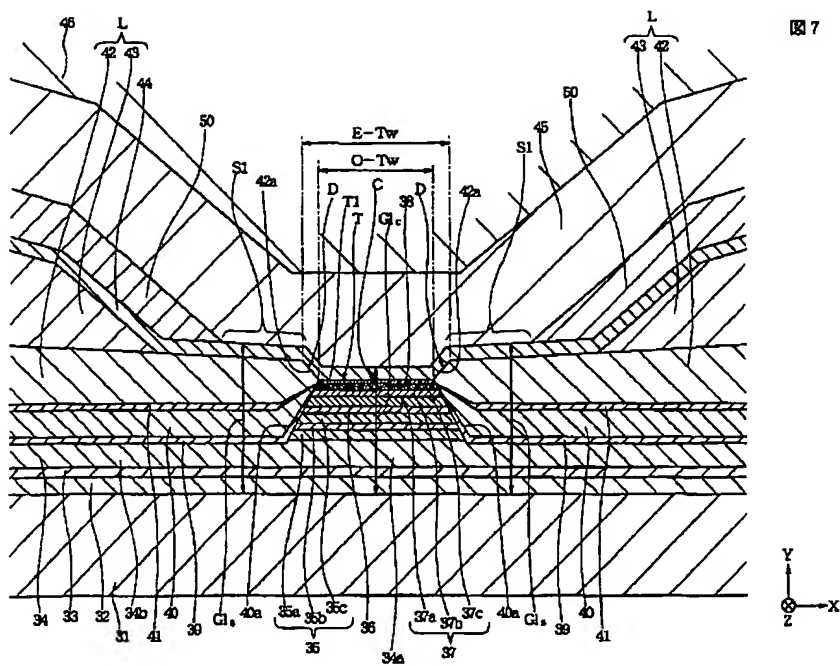


図 7

[Drawing 8]

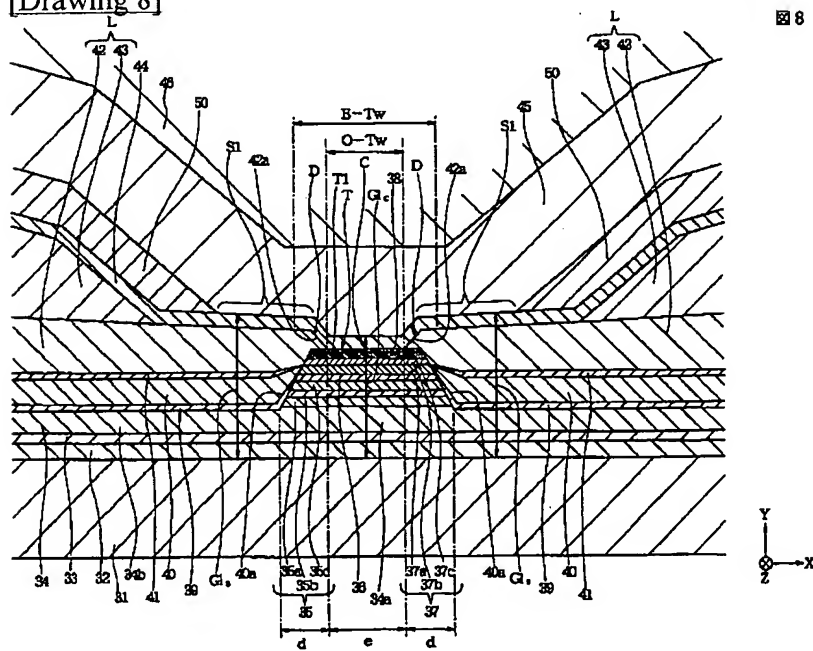


図 8

[Drawing 9]

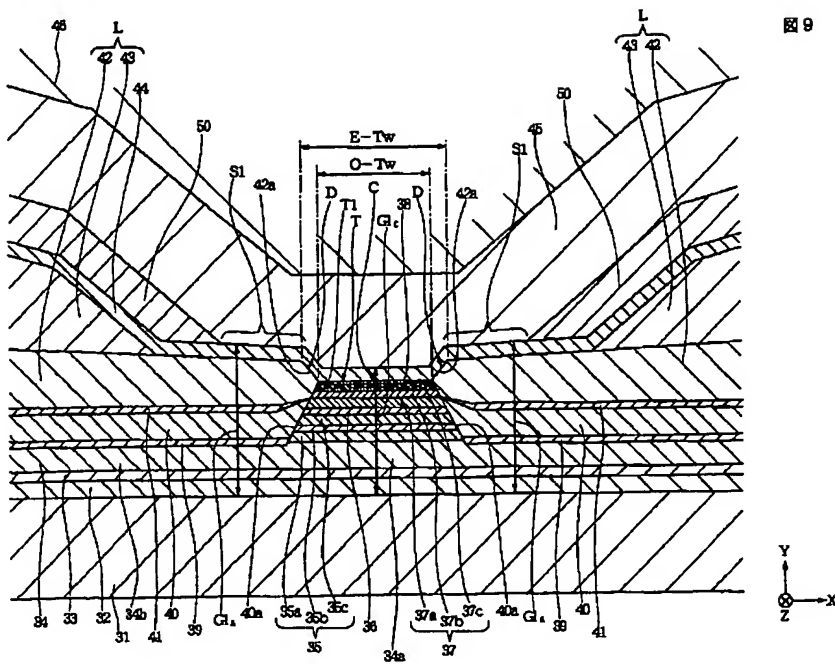


図 9

[Drawing 10]

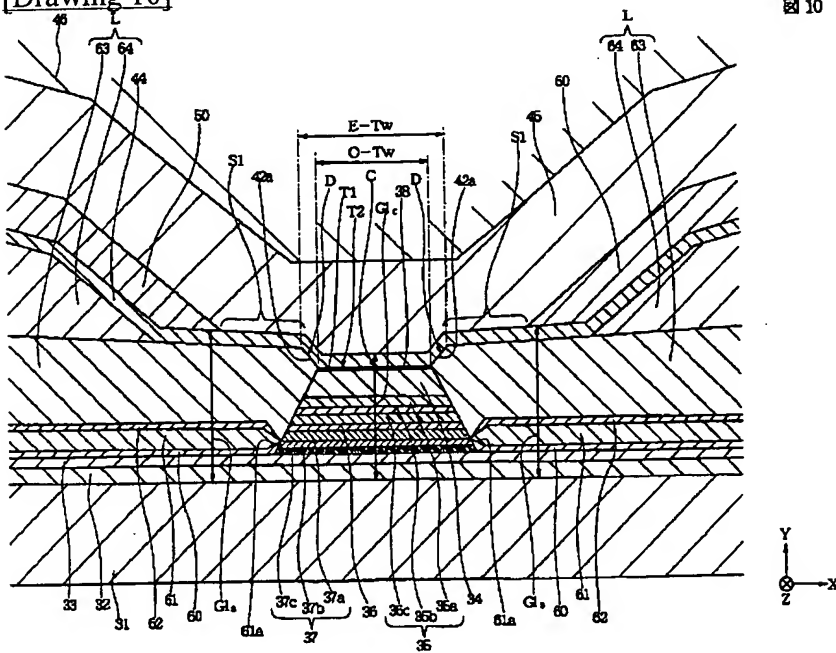
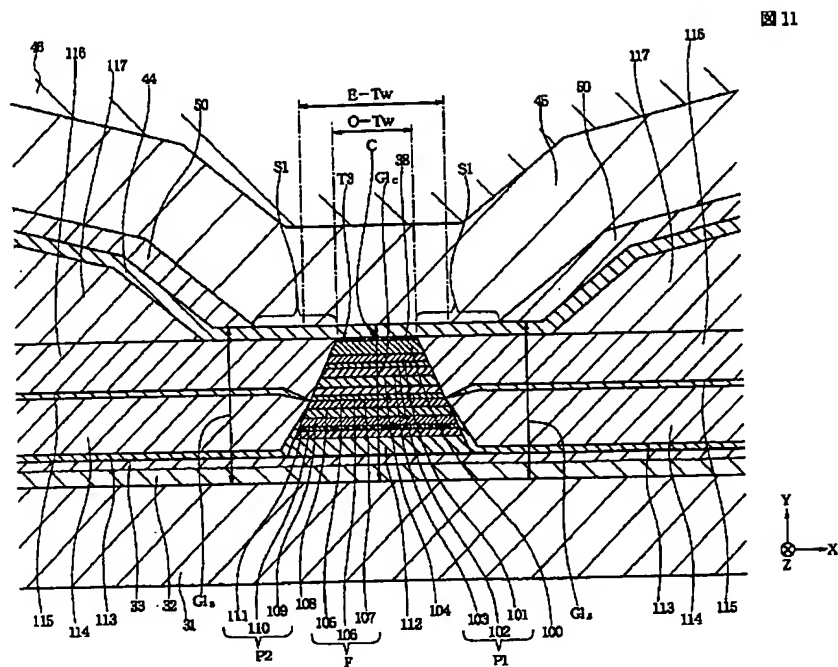
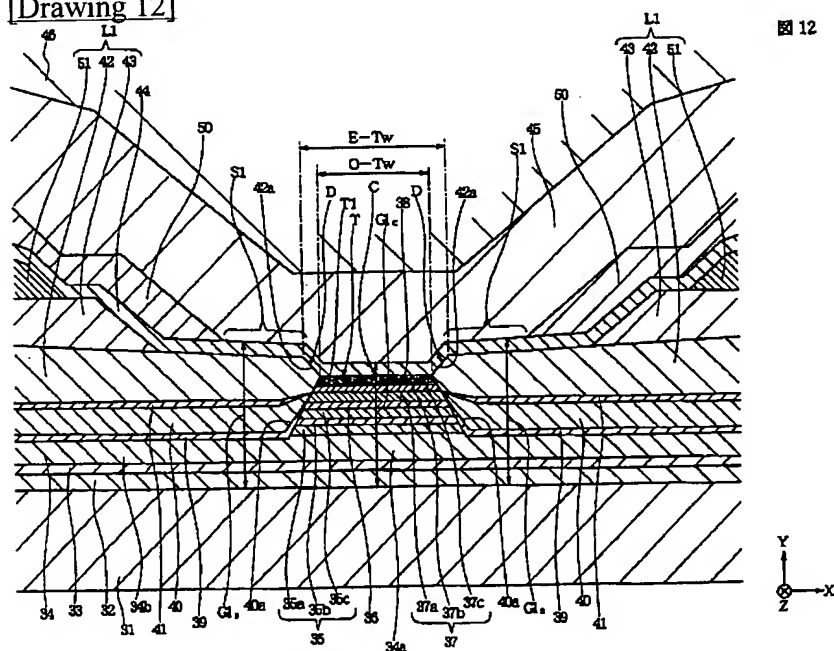
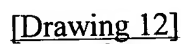


図 10

[Drawing 11]



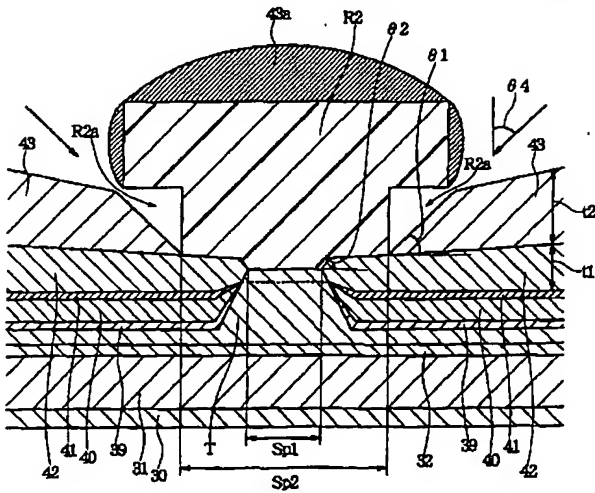
11



12

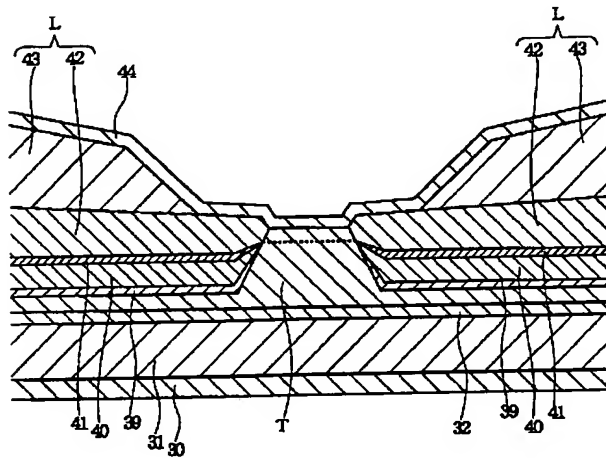
[Drawing 18]

図 18



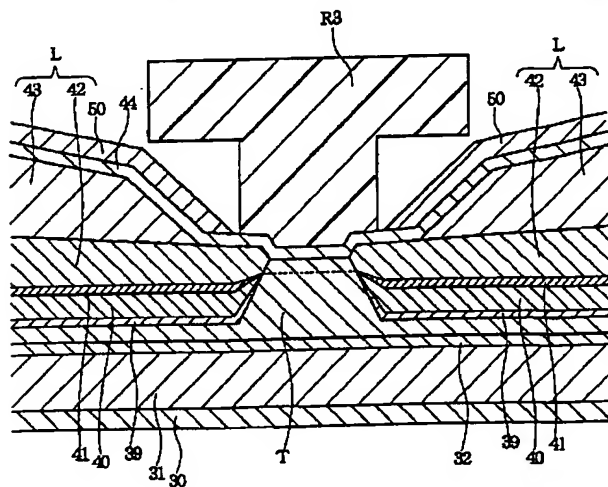
[Drawing 19]

図 19

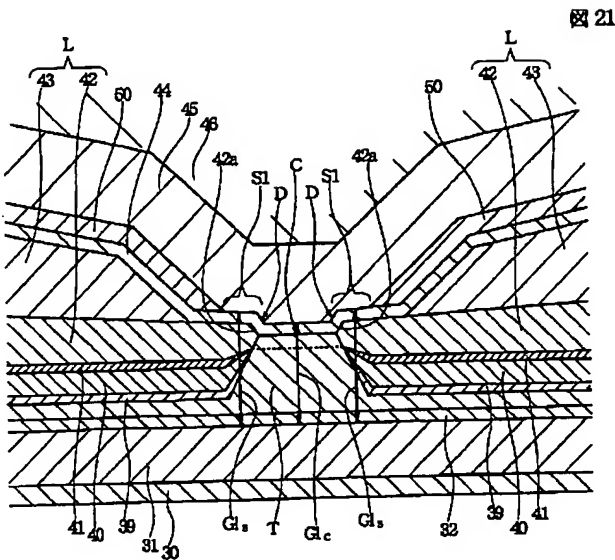


[Drawing 20]

図 20

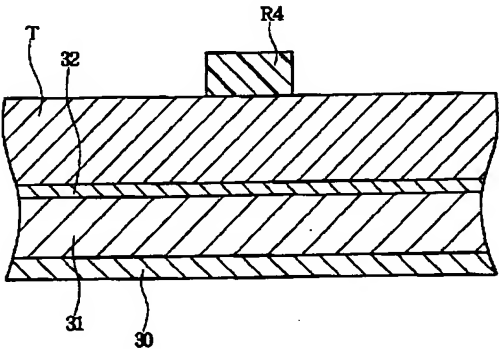


[Drawing 21]



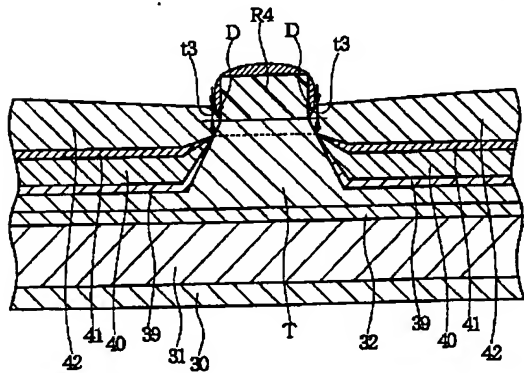
[Drawing 23]

図 23



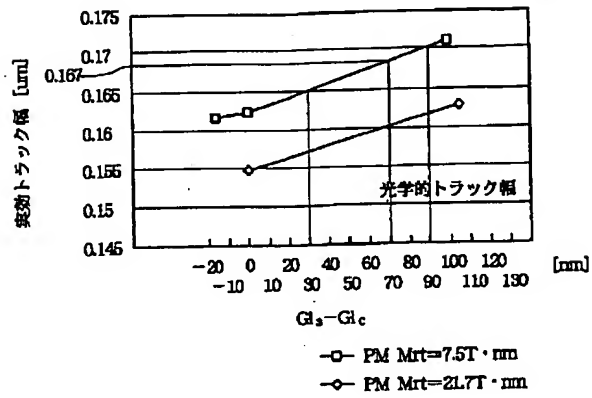
[Drawing 25]

図 25



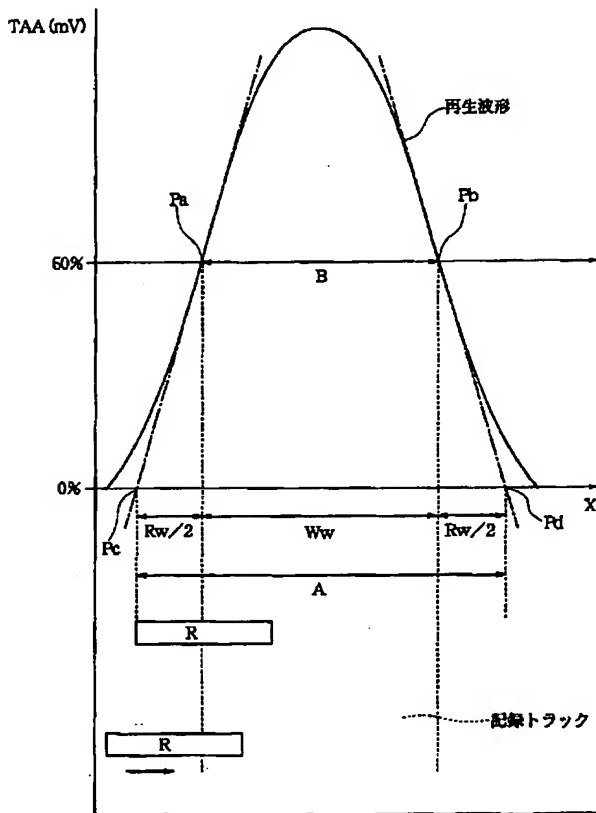
[Drawing 26]

図 26



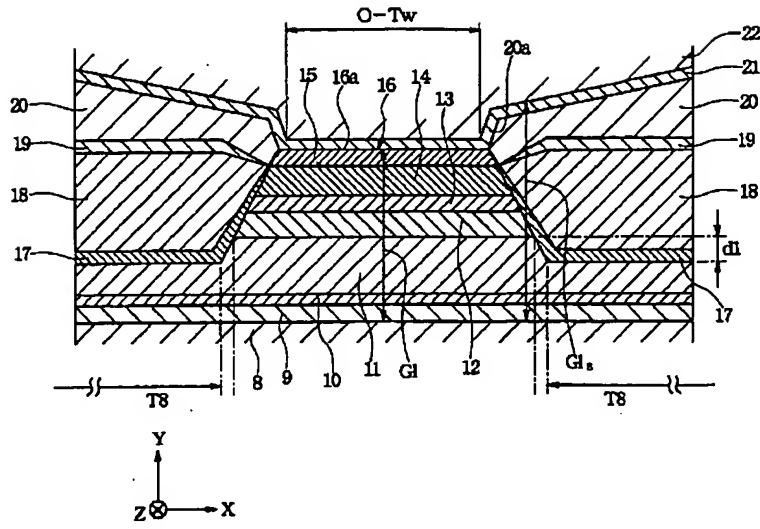
[Drawing 27]

図 27



[Drawing 28]

図 28



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.